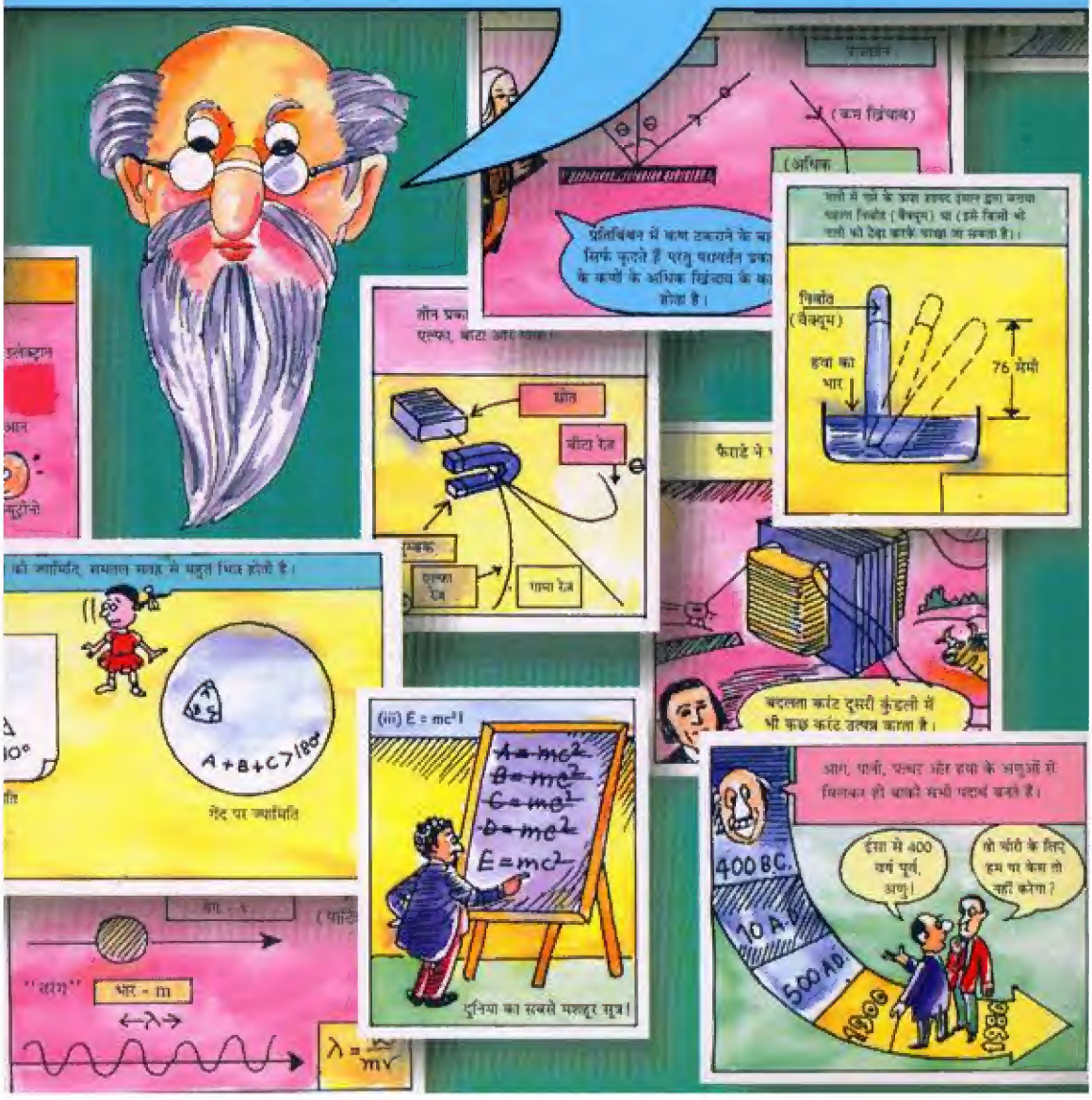
भौतिकी
की कहानी

लेखक
थनु पद्मानाभन

चित्रांकन
कीथ फ्रान्सिस

पुनर्चित्रांकन: अविनाश देशपांडे



भौतिकी की कहानी

लेखक

थनु पद्मानाभन

चित्रांकन

कीथ फ्रान्सिस

(पुनर्चित्रांकन : अविनाश देशपांडे)

विज्ञान प्रसार

प्रकाशन :
विज्ञान प्रसार
C-24, कुतुब इंस्ट्रीट्युशनल एरिया
नई दिल्ली-110016
(पंजीकृत कार्यालय : टेक्नोलॉजी भवन, नई दिल्ली-110016)
फोन : 6864157, 6967532, 6864022 फैक्स : 6965986
ई मेल : Vigyan @ hub.nic.in
इंटरनेट : http // www. vigyanprasar.com

भौतिकी की कहानी

कापीराइट © थनु पद्मानाभन
© मूल चित्र : कीथ फ्रान्सिस

पुनर्चित्रण : *अविनाश देशपांडे*
मुखपृष्ठ चित्रांकन : *इनोसॉफ्ट सिस्टम्स*

"भौतिकी की कहानी" : 'साइंस एज' पत्रिका (1984-86) में धारावाहिक—चित्रकथा के रूप में प्रकाशित हुई थी।

ISBN : 81-7480-081-6

भारत में मुद्रित : नागरी प्रिंटर्स, नवीन शाहदरा, दिल्ली-110032

प्राक्कथन

विज्ञान प्रसार का प्रकाशन कार्यक्रम धीरे-धीरे आकार लेता जा रहा है। कुछ शृंखलाएँ प्रकाशित हो चुकी हैं और कुछ को प्रकाशित किया जाना है। विज्ञान प्रसार विभिन्न विषयों जैसे : भारतीय वैज्ञानिक विरासत्, वैज्ञानिकों की जीवनी, लोकप्रिय विज्ञान कालजयी कृतियों का पुनर्मुद्रण, स्वास्थ्य, पर्यावरण आदि विषयों पर विभिन्न पुस्तकें प्रकाशित कर चुका है।

इसी कार्यक्रम को नई दिशा देते हुए टी. पद्मानाभन द्वारा लिखित और कीथ फ्रान्सिस द्वारा चित्रित मनोरंजनपूर्ण तरीके से लिखी कॉमिक पुस्तक "भौतिकी की कहानी" प्रकाशित की जा रही है। विज्ञान को मनोरंजन से जोड़कर अनेक लोगों तक पहुँचाया जा सकता है। सरल और मनोरंजनपूर्ण तरीके से विज्ञान की घटनाओं का वर्णन इस पुस्तक में किया गया है। इसमें आर्कमिडीज एवं पाइथागोरस के युग से अभी तक भौतिकी के इतिहास की महत्वपूर्ण घटनाओं को वर्णित किया गया है।

कुछ दशक पहले यह कहानी 'साइंस एज' नामक पत्रिका (अब बन्द हो चुकी है) में धारावाहिक के रूप में प्रकाशित हुई थी। इस रूपान्तरण में, सामग्री में कुछ सुधार एवं परिवर्द्धन किया गया है। इसका पुनर्चित्रण श्री अविनाश देशपांडे द्वारा किया गया है। हम श्री अरविन्द गुप्ता के आभारी हैं, जो एक विज्ञान-संचारक हैं और कम-पैसों के लर्निंग-किट बनाने में विशेषज्ञ हैं, और जो इस कॉमिक की सामग्री को पुस्तक रूप में लाए।

हमें आशा है कि हमारे पाठक इस पुस्तक का सहर्ष स्वागत करेंगे।

नयी दिल्ली

विनय बी. काम्बले
कार्यवाहक निदेशक
विज्ञान प्रसार

भौतिकी की कहानी

देखो बेटा! ये आगे क्या करेंगे?

लेखक: टी. पद्मानाभन
अनुवाद: अरविन्द गुप्ता
मूल चित्र: कीथ फ्रांसिस
पुनर्चित्रण: अविनाश देशपांडे

बहुत-बहुत पहले, ईसा से करीब 10,000 वर्ष पूर्व गृहविज्ञान होता था .....

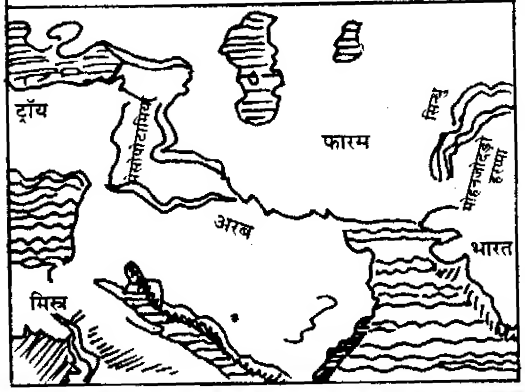
वाह! खाने में बहुत स्वादिष्ट है!

तुम्हें लगता है कि वो जिंदा बचेगा?

....और यही हाल था समुचित तकनीकों का।

चुप! शैतान उसकी मदद कर रहा है।

प्राचीन सभ्यताओं ने इंजिनियरिंग की तमाम अवधारणाओं का इस्तेमाल किया था....

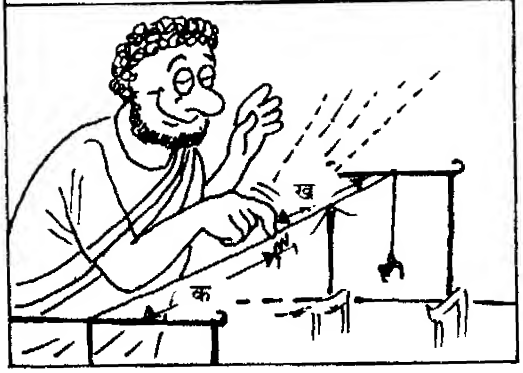


तब तक शायद भौतिकी का जन्म नहीं हुआ था। इस वैज्ञानिक तरीके में, चंद नियमों के आधार पर प्रकृति की व्याख्या की जाती है। भौतिकी यूनानियों के समय में ही आई।

यूनान में कई दार्शनिक और चिंतक पैदा हुए : उनमें एक था पाईथागोरस (582-497 ई.पू.)...

लगता है अंत में मेरा प्रयोग सफल हुआ।

.... जिसने तारों को झंकार कर संगीत के कई प्रयोग किए। जब दो तारों **क** और **ख** की लंबाईयों के बीच 2:3 या 1:2 का सरल अनुपात होता था तब मधुर धुन निकलती थी



परंतु अनुपात ज्यादा जटिल होने से धुन कर्कश हो जाती थी।

हे झीयुस! पाईथो 419:420 पर प्रयोग कर रहा है।

पाईथागोरस को मानने वाले पागल हैं।

ज़ीनो, पाईथागोरस का समकालीन था। उसने लगभग सिद्ध कर दिया था कि गति असंभव है (ज़ीनो का विरोधाभास)।

मान लो एचलिस और एक कछुए के बीच रेस होती है। शुरू में कछुआ दस क्यूबिट आगे होता है। जब तक एचलिस इस दूरी को पूरा करेगा उतनी देर में कछुआ थोड़ा और आगे बढ़ जाएगा। जब तक एचलिस वहां पहुंचेगा, कछुआ कुछ और आगे सरक जाएगा। इसलिए एचलिस कछुए को कभी भी पकड़ नहीं पाएगा।

यह बड़ा कठिन है।

पर वो आगे तो बढ़ता ही है।

शायद आप अपने समय से आगे हैं।

डेमोक्रेटस (400 ई.पू.) ने ज़ीनो के विरोधाभास को हल करने की चेष्टा की - सुझाया कि पदार्थ को अनंत बार नहीं बांटा जा सकता।

दुनिया में सारे पदार्थ अणुओं से ही बने हैं।

लगभग 400 ई.पू.

आग, पानी, पत्थर और हवा के अणुओं से मिलकर ही बाकी सभी पदार्थ बनते हैं।
400 B.C.
10 A.D
500 A.D.
1900
1980
ईसा से 400 वर्ष पूर्व, अणु!
वो चोरी के लिए हम पर केस तो नहीं करेगा?
336 और 323 ई.पू.के वर्षों में सिकंदर महान दुनिया का प्रथम साम्राज्य स्थापित कर रहा था।
मैसिडोनिया से
ईरान
फारस
भारत
लगभग उसी समय, सिकंदर का गुरू अरस्तू (384–322 ई. पू.) ज्ञान का साम्राज्य स्थापित करने का प्रयास कर रहा था।
उसने एथेन्स के लाईसियम में, अनेक विषयों - तर्कशास्त्र, जीवशास्त्र और भौतिकी* पर व्याख्यान दिए।
* 'फिज़िक्स' नाम उसी ने दिया था।
दुर्भाग्य से, भौतिकी के बारे में उसकी कई अवधारणाएं सही नहीं थीं।
पृथ्वी, ब्रह्मांड का केन्द्र है।
पृथ्वी, केन्द्र है। पानी, हवा, आग और ईथर उसके ऊपर हैं। क्योंकि वस्तुएं अपनी ....
प्राकृतिक स्थिति में पहुंचने की कोशिश करती हैं - इसीलिए पत्थर नीचे गिरते हैं और बुलबुले ऊपर उठते हैं।
उनकी यह सोच भी थी कि भारी चीजें, हल्की चीजों की अपेक्षा, तेज़ी से गिरती हैं।
पागलपन छोड़ो, अरस्तू गलत नहीं हो सकता।*
क्या इन चीजों को गिरा कर देखें?
* यह दृष्टिकोण बहुत समय तक कायम रहा।
सिकंदर की मृत्यु के बाद, सैनिक जनरलों ने उसके साम्राज्य का बंटवारा कर लिया। मिस्त्र, टालमी के हिस्से में आया।
मेडीटेरेनियन समुद्र
मिस्त्र
उसकी राजधानी, ऐलिक्जैंड्रिया बुद्धिजीवियों का केन्द्र बनी। ऐलिक्जैंड्रिया ने यूक्लिड (300 ई.पू.) जैसे कई बुद्धिजीवियों को प्रेरित किया।
उनमें प्राचीन जगत का सबसे महान भौतिकशास्त्री....
वही कपड़े उतारने वाला आदमी!
....आर्किमिडीज़ (287-212 ई.पू.)भी था।

ऐलिक्जैंड्रिया में अपनी शिक्षा पूरी करने के बाद आर्किमिडीज़ अपने शहर सायराक्यूज़ वापस लौटा, जहां वो हेरन के शाही संरक्षण में रहा।

इटली
सिसिली
सायराक्यूज़
कार्थेज

''तैरती वस्तुओं''* पर उनका नियम और ''यूरेका'' की कहानी बहुत मशहूर है इसीलिए उसे यहां नहीं दिया जा रहा है।

भगवान का शुक्र है! मुझे वो दुबारा नहीं सुनना।

* आर्किमिडीज़ की पुस्तक का नाम।

उसने ही सबसे पहले समतलों के संतुलन* वाली अपनी पुस्तक में, स्थैतिकी (स्टैटिक्स) के नियम विकसित किए।

बल F और भार W, अगर B और A के अनुपात में हैं तो (F/W - B/A)। इसलिए अगर मुझे खड़े होने की जगह मिले....

W
F
A
B

* जैसा उसे आज हम कहते हैं।

....और एक लंबा डंडा मिले तो मैं पृथ्वी को हिला सकता हूं!

हा! हा! यह तो बड़ी भारी डींग है। पहले जरा एक पानी के जहाज़ को तो हिला कर दिखाओ।

कहानी के अनुसार आर्किमिडीज़ ने वाकई, लीवर और घिरनियों से, एक भेड़ को पानी से बाहर किनारे तक खींचा।

मैं प्रभावित हूं। तुम मेरे सैनिक परामर्शदाता बनो*

*पहला उदाहरण जहां, भौतिकी के अग्रणी ज्ञान को, युद्ध में, फायदे के लिए काम में लाया गया।

हेरन के बाद उसका पोता हिरोनिमस गद्दी पर बैठा। दूसरे प्यूनिक युद्ध (218 ई.पू) के दौरान, कार्थेज में हनीबॉल के सैनिकों की सफलता देखकर, हिरोनिमस ने रोम के साथ अपने संबंध तोड़ लिए और कार्थेज के साथ जा-मिला। इस वजह से रोम ने सायराक्यूज़ को आकर घेर लिया।

कहा जाता है कि आर्किमिडीज़ द्वारा बनाई गई युद्ध मशीनों के कारण ही रोमन जनरल मार्सीलस, दो साल तक कुछ नहीं बिगाड़ सका।

अंत में रोम ने सायराक्यूज़ पर कब्जा किया और एक सिपाही ने आर्किमिडीज़ को मार डाला। आर्किमिडीज़ ने एक पनचक्की का भी आविष्कार किया था जो आज भी मिस्र में उपयोग में लाई जाती है।

क्या पनचक्की है!

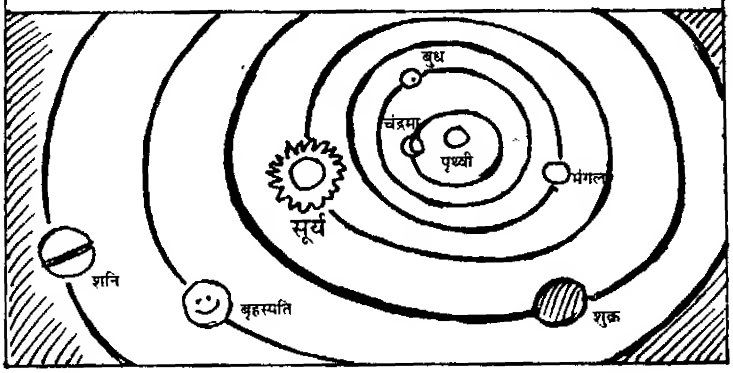
30 ई.पू. तक मिस्र की शान-शौकत खत्म हो चुकी थी और वो रोम का एक सूबा बन चुका था। एक और प्रतिभावन इंसान जो वहां पैदा हुआ वो था हेरो* जिसने सबसे पहला भाप का इंजन बनाया।

घूमता गोला
आग

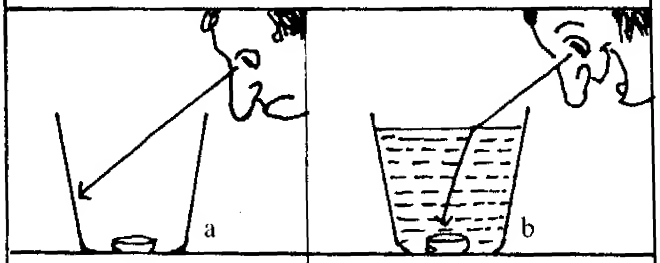
* लगभग सन 100 में।

उसने एक साईफन भी बनाया और यांत्रिकी पर पुस्तकें लिखीं।
दृष्टि पर उसके विचार उस समय की मान्यताओं को प्रतिबिंबित करते थे।

एक और महान ऐलिक्जैंड्रियन था - टालमी (सन 127-151) जो मानता था कि ब्रहमांड गोल-चक्करों का बना है और पृथ्वी उसके केंद्र में है।
हमें अब मालूम है कि यह धारणा गलत थी।

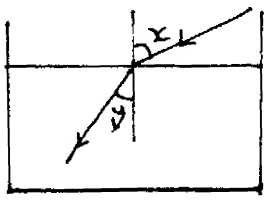


उसने प्रकाश पर भी काफी शोध किया,
खासकर परावर्तन (रिफ्रैक्शन) की प्रक्रिया पर।



आप दूसरे गिलास में सिक्के को परावर्तन के कारण ही देख पाएंगे।
प्रकाश, पानी की सतह पार करते समय मुड़ जाता है।

टालमी ने कई प्रयोग किए और बारीकी से
x और y के कोणों को नापा....

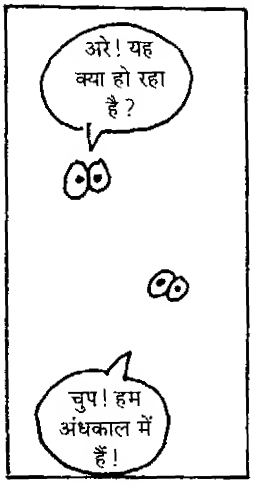


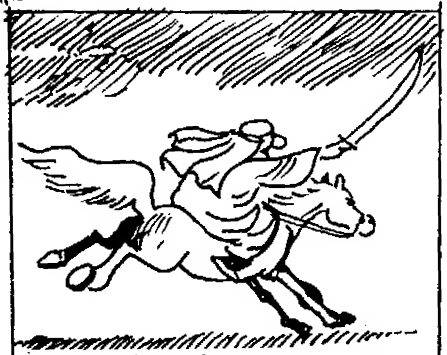
x	y
10°	8°
40°	28°
50°	35°
80°	50°

..... परंतु वो x और y को जोड़ने वाले सूत्र तक नहीं पहुंच सका।

इसके नियम में sin x (ज्या x) sin y (ज्या y) एक स्थिरांक है।
अब इसे स्नेल के नियम से जाना जाता है।

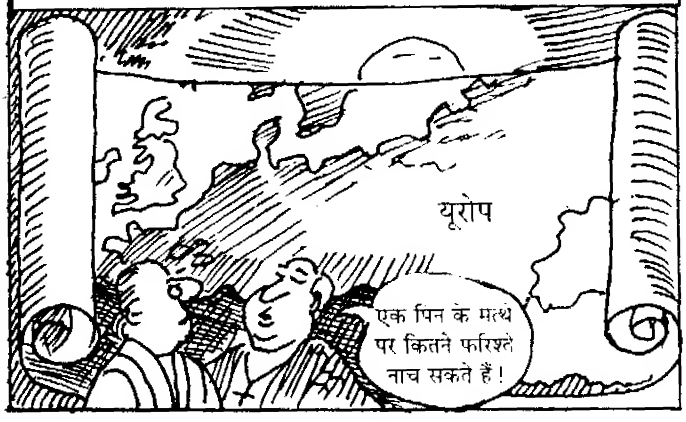
टालमी के बाद यूरोप में काफी उथल-पुथल हुई। रोम का साम्राज्य ढह गया और धराशायी राज्य ही बचे।





अरबी कबीलों ने बाइटेन्टियम साम्राज्य पर धावा बोला और 640 ईसवी में मिस्र पर कब्जा किया। उन्होंने यूनानी-विज्ञान का संरक्षण किया और उसे नवजाग्रत यूरोप में प्रसारित किया।

यह नवजागरण, दरअसल विज्ञान के लिए पुनर्जन्म नहीं था।
उस समय यूरोप पर तो धार्मिक कठमुल्ले ही हावी थे।



नवजागरण युग के बाद, धार्मिक निष्ठाओं ने उत्सुकता और प्रश्न पूछने को कतई बढ़ावा नहीं दिया....

देखो! मंगल ग्रह इस तरह क्यों घूम रहा है?*

बुध ग्रह हमें अपने सिर के एकदम ऊपर क्यो नहीं दिखता है?*

* टालमी के ब्रह्मांड दर्शन में, इन प्रश्नों के कोई सरल उत्तर नहीं थे।

उसके बाद एक आदमी आया....

..... निकोलस कोपरनिकस (1473-1543)

....जिसने सूर्य पर रोक लगाई और पृथ्वी को घुमाया!

देखो! यह तरीका कितना अधिक आसान है।

हां, है तो!

गुतिनबर्ग ने इससे करीब 100 साल पहले छपाई मशीन ईजाद की थी।

मैं पवित्र बाईबिल से ही शुरू करूं!

गुतिनबर्ग की बाईबिल

कोपरनिकस के "अधार्मिक" मत 1543 ईसवीं में छपे....

Revolutionibus Orbium Coelestium Nuremberg

परंतु निकोलाई ने अपनी किताब में कहा है कि उसका वास्तविकता से कुछ लेना-देना नहीं है।

लगता है उसके संपादक ने इसे जोड़ दिया है।

इस सबके बावजूद कुछ लोगों ने तुरंत, कोपरनिकस के मॉडल को स्वीकार लिया....

मैं अब चीज़ों का बेहतर अनुमान लगा सकता हूं।

राईनोल्ड (1511-1553) ने सन 1551 में, "ग्रहों की स्थितियों की प्रशियाई तालिकाएं" छापीं।

.... और फिर कुछ लोगों ने, समझौते की बातें कीं।

ग्रहों को सूर्य की परिक्रमा लगाने दो, पर सूर्य को पृथ्वी के चारों ओर घूमने दो। इससे सब खुश होंगे?

नहीं!

टाईको ब्राहे (1546-1601)

जे. केप्लर (1571-1680)

विडम्बना ये है कि टाइको ने निरीक्षण, ह्वीन, डेनमार्क में स्थित उसकी निजी वेधशाला में किए थे।

उनसे साफतौर पर, कोपरनिकस के मॉडल को समर्थन मिलता था।

टाईको ने एक नए तारे (सुपरनोवा) को जलते हुए देखा (सन 1572)।

ब्रह्मांड अपरिवर्तनशील है।
-अरस्तू

और एक पुच्छल तारे (कॉमेट) को उसकी लंबी अंडाकार कक्षा में देखा।

सभी प्राकृतिक गतियां गोलाई में होती हैं।
-अरस्तू

परंतु ''यूनानी भौतिकी'' के सामने सबसे बड़ी चुनौती टाईको के छात्र ने पेश की।

जोहान केप्लर (1571-1630)

टाईको के आंकड़ों के गहरे विश्लेषण के बाद ही केप्लर ने ग्रहों के गति से संबंधित अपने तीन नियम बनाए।

ग्रहों की कक्षाएं (ऑरबिट्स) दीर्घ वृत्ताकार होती हैं और सूर्य उनके केन्द्र में होता है।

सूर्य

ग्रह

ठहरें! यह दीर्घ वृत्ताकार, केन्द्र किस बला का नाम है?

पहला नियम (1606 ई.)

दीर्घवृत्त (इलिप्स) को आसानी से एक पेंसिल, डोरी और दो पिनों (जो केन्द्र में होंगी) से बनाया जा सकता है।

पिन

पिन

फोकस

यह एक खंड है जो किसी शंकु को कोण पर काटने से मिलता है। दीर्घ वृत्ताकार, के अलावा....

मैंने जो काटा, उसे देखो?

दीर्घ वृत्ताकार

.... इसे समीकरण से दर्शाया जा सकता है।

समीकरण चित्रकथा में नहीं!

चलो! छोड़ो! हम केप्लर पर वापिस चलें।

दूसरा नियम (1609ई.)

सूर्य और ग्रह को जोड़ने वाली रेखा, समान समय खंडों में समान क्षेत्रफल तय करती है।

ग्रह

1

2

समान क्षेत्रफल

सूर्य

3

4

इसलिए उसे 1 से 2 तक जाने में, उतना ही समय लगता है जितना 3 से 4 तक जाने में। जब ग्रह सूर्य के पास होता है तब उसकी गति अधिक तेज होती है!

केप्लर ने इन दोनों नियमों को अपनी पुस्तक ''एस्ट्रोनोमिया नोवा'' में छापा। तीसरा नियम उनकी पुस्तक ''हारमनी आफ द वर्ल्ड में छपा'' (1619) - यह पुस्तक रहस्यवाद से भरी है।

तीसरा नियम (1619)

कक्षाओं की समय अवधि के वर्ग, कक्षा के अर्ध-व्यास के घन के अनुपात में होते हैं।

(व्यास)^3

बृहस्पति

मंगल

पृथ्वी

शुक्र

बुध

(समय अवधि)^2

केप्लर अपने नियम को सरल भाषा में पेश नहीं कर पाया। देखो, अगर दो ग्रह हैं जिनकी समय अवधि T_1 और T_2 है और उनकी दूरियां D_1 और D_2 हैं तो....

D_1

T_1

D_2

T_2

$$\frac{D_1^3}{D_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

इससे ग्रहों की स्थितियों का अनुमान सही तरीके से लगाया जा सकेगा।

मैं अपना यह काम राजा रूडौल्फ और टाईको ब्राहे को समर्पित करूंगा।

''रूडौल्फीन तालिकाएं'' 1627 ई.

यूनानियों के समय से अब तक काफी विकास हुआ है। सितारों के बारे में हमारा ज्ञान बढ़ा है। हमें इतना पता था कि ग्रह और तारे चलते हैं। परंतु वे क्यों चलते हैं? इसका पता अभी लगाना था।

गति के नियमों को बनाने में पहला कदम गैलिलियो गैलिली ने लिया।

रुको, मुझे मेरे पहले नाम से ही बुलाओ। समझे?

गैलिलियो गैलिली (1564-1642)

गैलिलियो, केप्लर का समकालीन था। उसे धर्म में बहुत यकीन नहीं था। एक दिन चर्च में एक हिलते झाड़-फानूस की ओर उसका ध्यान आकर्षित हुआ।
कम-से-कम यह धार्मिक उपदेश से तो बेहतर है!
इससे उसने दोलक के बारे में दो महत्वपूर्ण अवलोकन नोट किए।
पहला: समय अवधि, झूम की लय पर निर्भर नहीं होती है*
*न्यूटन द्वारा की गई व्याख्या (17वीं सदी)
''झूम की लय''
दूसरा: दोलन की अवधि, लोलक (बॉब) के भार पर निर्भर नहीं होती*
सीसा
तांबा
* आइंस्टीन (20वीं सदी) द्वारा इसकी ''सही '' व्याख्या की गई।
उसे यह भी पता था कि अगर दो, अलग-अलग भारों को, एक ही ऊंचाई से गिराया जाए तो वे एक-ही समय पर, जमीन से आकर टकराएंगे।
क्या तुमने पीसा की मीनार से मुझ पर कल पत्थर फेंके थे?
मैंने? कभी नहीं! उसने किया होगा।
नहीं! मैंने उनके बारे में सिर्फ लिखा था।
स्टेविनस (1548-1620)
भारी वस्तुएं अधिक तेज़ी से गिरती हैं - अरस्तु
साईमन स्टेविनस, एक अन्य समकालीन था। उसने दिखाया कि झुके तल पर पृथ्वी का आकर्षण कुछ कम होता है।
AB
AC
देखिए AB पर AC की अपेक्षा अधिक गेंदें हैं। इसलिए यह ''मशीन'' गोल-गोल घूमती ही रहेगी। क्योंकि.....
यह बकवास है: पृथ्वी का खिंचाव झुकी AB पर, खड़ी AC से, कम होना चाहिए।
गैलिली ने झुके तल द्वारा वस्तुओं पर गति संबंधी अध्ययन किए।
ड्रम
काश मेरे पास एक बेहतर घड़ी होती!
पानी
उसे दोलक इस्तेमाल करना चाहिए था। मैंने 1656 में उसका प्रयोग किया था।
हयूजेन्स (1629-1695)
गैलिली ने पाया कि एक लुढ़कती गेंद द्वारा तय की गई दूरी, समय अवधि के वर्ग के साथ बढ़ती है....
D (दूरी)
T (समय)
D∝T²
..... जबकि गति में केवल एकघाती (लीनियर) बढ़त होती है।
(गति)
(समय)
देखो, पृथ्वी के खिंचाव से गति एक निश्चित रफ्तार से बदलती है, इसलिए ...
.... ऐसी चाल में, जिसमें गति न बदले खिंचाव की जरूरत ही नहीं पड़ती!
हरेक गति के पीछे कोई नरा होता है। - अरस्तू

उसके बाद उसने दो दिशाओं में गति का अध्ययन किया और पूछा ...

अगर किसी पत्थर को जहाज के मस्तूल से गिराया जाए तो वो जहाज पर कहां गिरेगा?

जरा रुको। पहले कप्तान को रास्ते में से हट जाने दो!

सिमप्लीसियस*

अगर जहाज स्थिर होगा तो पत्थर ठीक नीचे गिरेगा। नहीं तो वो A के पीछे, B पर जाकर गिरेगा।

(एकसमान गति से चलती नाव)

(रुकी हुई नाव)

A

B

*अरस्तू की विचारधारा वाला पात्र - जिसका जिक्र गैलिली के संवादों में है।

ग़लत!

अगर जहाज एकसमान गति से चल रहा है तब भी पत्थर A पर ही आकर गिरेगा।

गैलिलियो को लगा कि दो दिशाओं की गति को आपस में मिलाया जा सकता है।

जहाज की गति जो पत्थर ने बनाए रखी है।

XY पत्थर का पथ

पृथ्वी का खिंचाव

जहां पत्थर जहाज से टकराता है

पत्थर छोड़े जाने की स्थिति

अगर जहाज की रफ्तार लगातार बढ़ रही हो तो क्या होगा?

तब सिमप्लीसियस, का कहा ठीक होगा। तब पत्थर A के पीछे, B पर गिरेगा।

तुम्हारा मतलब समान गति इतनी विशेष है?

शायद!

इसने "गैलिलियो के सापेक्षिक सिद्धांत" को जन्म दिया।

अगर किसी बंद कमरे में कोई यांत्रिक प्रयोग किया जाए तो यह समान गति और स्थिरता के बीच में अंतर करना मुश्किल होगा

इसकी धुन प्यारी है!

1500

1600

1700

1800

1905

गैलिली ने पहला टेलिस्कोप बनाया और उससे रात के आसमान में सितारों को निहारा।

और उसने देखा

चंद्रमा - पहाड़ियों और घाटियों से भरा...

शुक्र और मंगल ग्रह चंद्रमा की तरह कलाएं दिखाते हुए...

बृहस्पति और उसके तीन चंद्रमा को...

आकाश-गंगा के असंख्यों तारों और समूहों को!

अंत में!

इन अवलोकनों से कोपरनिकस के विचारों को अकाट्य समर्थन मिलता है।

चर्च के लिए इतना सब बर्दाश्त करना बहुत मुश्किल हो गया। गैलिलियो को कालकोठरी में कैद रखा गया और उसे अपने विचारों को झूठ करार देने के लिए मजबूर किया गया।

मैं अपने झूठे विचारों को छोड़ता हूं.... कि सूर्य, ब्रह्मांड का केन्द्र है...

काश दूसरी जिंदगी में मैं, गति के नियमों पर काम कर पाता।

दुनिया के महानतम भौतिकशास्त्रियों में से एक - गैलिलियो गैलिली, हारा-थका और अंधा, 1642 में चल बसा।

सोचो! क्या भौतिकी केवल गति के बारे में है?

नहीं, चलो हम अन्य चीजों पर निगाह डालें।

जहां एक ओर
यांत्रिक
विज्ञान तेजी
से आगे दौड़
रहा था
वहीं
चुम्बकत्व
और प्रकाश
संबंधी विज्ञान
कछुए की
चाल से रेंग
रहा था ....

प्राकृतिक चुम्बकों (लोडस्टोन) से चीन के खदान मजदूर, प्राचीन जमाने से वाकिफ थे (2500 ई.पू.)।

अरे! बचाओ!

उफ! लगता है वो फिर चिपक गया है!

चुम्बकत्व को हमेशा से ही एक गुप्त और रहस्यमय विज्ञान समझा गया।

लहसुन से चुम्बकत्व खत्म हो जाता है।

आत्मा के स्वर्ग-प्रवेश में चुम्बक सहायक होते हैं।

चुम्बकों का "उत्तर" की ओर इंगित करने वाला गुणधर्म सबसे पहले किसने खोजा, यह आज भी किसी को नहीं पता।

धुरी

N

W

E

S

धुरी

परंतु 900 ई.पू. से ही लोग, चुम्बकीय सुईयों को, तूफानी समुद्रों में, दिशा खोजने के काम में ला रहे थे।

कई लोगों को चुम्बकीय बल एकदम रहस्यमय लगता था....

....अगर एक चुम्बक को चांदी की प्लेट के नीचे हिलाया जाए तो प्लेट के ऊपर रखी लोहे की पिन भी उसके साथ-साथ हिलेगी!...

सेंट ऑगस्टीन (428 ई.)

पेरिगरिनस नामके फ्रेंच इंजिनियर ने शायद चुम्बकों पर सबसे पहले वैज्ञानिक प्रयोग किए। उसने चुम्बकों के कुछ बहुत ही महत्वपूर्ण गुणधर्म नोट किए:

किसी चुम्बक के ध्रुव निश्चित होते हैं।

पेरिगरिनस (लगभग 1280 ई.)

N

N

N

S

समान ध्रुव एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं जबकि असमान ध्रुव एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं...

S

N

S

N

और चुम्बक को काट-काटकर ध्रुवों को अलग-अलग करना असंभव होगा!

चुम्बक "उत्तर" की ओर मुंह क्यों करते हैं इस बारे में उसकी व्याख्या गलत थी!

ब्रह्मांड का गोला

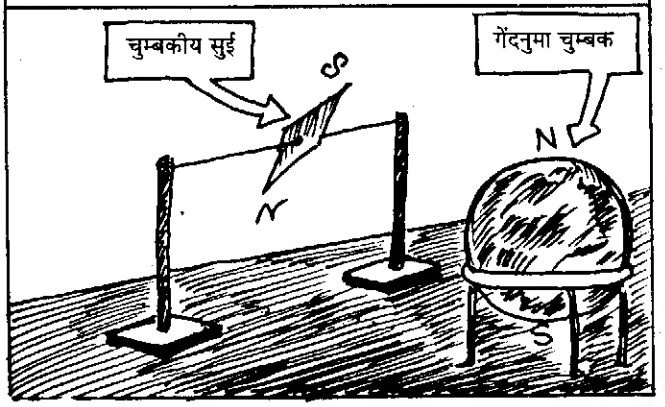
पृथ्वी

चुम्बक हमेशा पृथ्वी के ध्रुवों की सीध में रहते हैं।

इस स्थिति में आकर मामला बहुत सालों तक यानि विलियम गिल्बर्ट (1544 -1603) के समय तक लटका रहा .....

उसने पाया कि जब चुम्बकीय सुई को खड़ी अक्ष पर घूमने का मौका मिलता है तो वो पृथ्वी की ओर "झुक" जाती है।

चुम्बकीय सुई को एक गेंदनुमा चुम्बक के पास रखने पर भी लगभग वैसा ही "झुकाव" देखा जा सकता है।



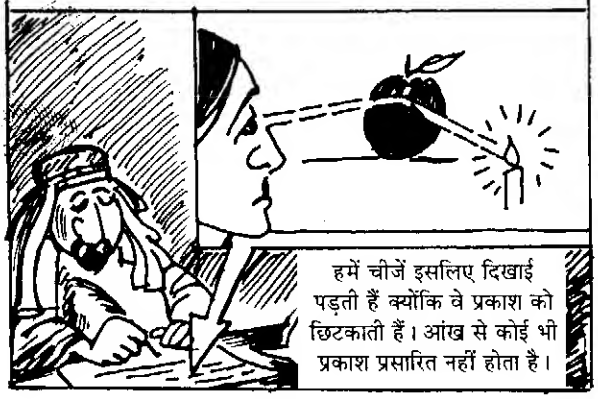
इन सब तथ्यों के आधार पर गिल्बर्ट ने सुझाव दिया कि पृथ्वी खुद एक बहुत बड़ी चुम्बक है!

एक बात लोग यूनानियों के युग से ही जानते थे कि अगर अम्बर को रगड़ा जाए तो उसकी ओर तिनकों के छोटे टुकड़े आकर्षित हो जाते हैं।

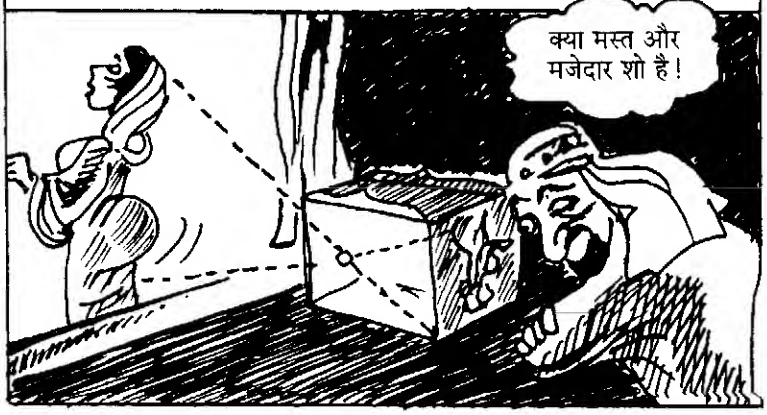
....गिल्बर्ट ने इस गुणधर्म को कई अन्य पदार्थों में भी पाया। उसने इन्हें "इलेक्ट्रिक्स" का नाम दिया ।

भौतिकी की एक और शाखा थी - ऑप्टिक्स, यानि प्रकाश, जिसमें कुछ विकास हो रहा था। अल हाज़ेन (965-1039) एक रंगीली ज़िंदगी बिता रहा था...

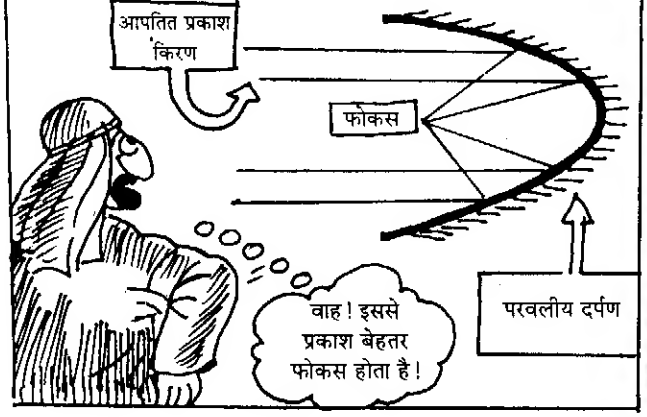
अल हाज़ेन ने पागल हो जाने का बहाना तो बनाया, पर वो छिपकर प्रयोग करता रहा!



उसने एक पिन-होल कैमरा भी बनाया....



....और परवलय के आकार के दर्पण बनाए!

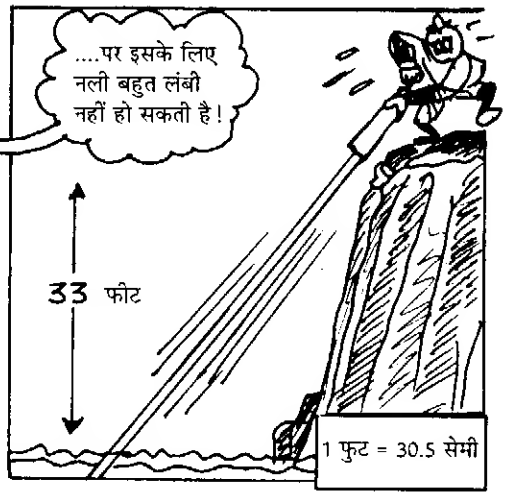


अल हाज़ेन ने लेंसों के अलावा परावर्तन (रिफ्रैक्शन) और प्रतिबिंबन का भी अध्ययन किया। परंतु वह टेलिस्कोप ईज़ाद करने में असफल रहा!

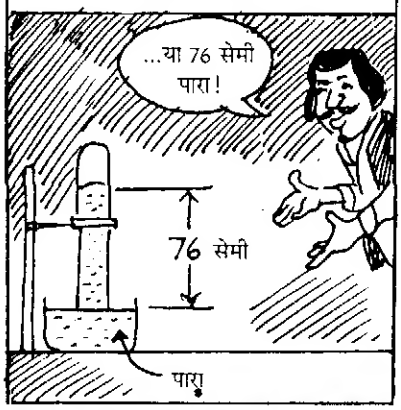
अपने अंतिम दिनों में गैलिलियो का एक बहुत ही काबिल सेक्रेट्री था....

ई. टोरिसिली (1608-1647)

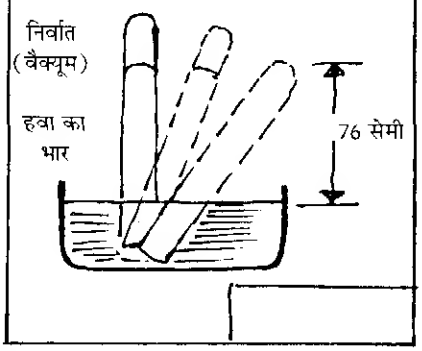
टोरिसिली, पिस्टन किस प्रकार काम करता है उससे बहुत प्रभावित हुआ।



उसने सोचा कि हवा के भार के कारण ही 33 फीट पानी के कालम को सहारा मिलता है।

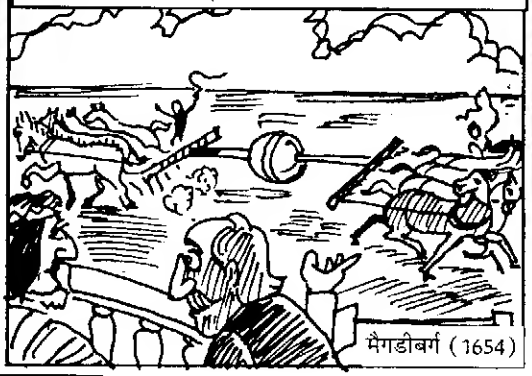


नली में पारे के ऊपर शायद इंसान द्वारा बनाया पहला निर्वात (वैक्यूम) था (इसे किसी भी नली को टेढ़ा करके परखा जा सकता है)।



ऑटो गुयरिक (1602-1686) उनके समकालीन थे। उन्होंने पहला हवा पम्प बनाया।

उसका सबसे मशहूर प्रयोग निर्वात की शक्ति को दिखाता है। इसमें दो अर्ध-गोलों को निर्वात द्वारा एक-दूसरे से चिपकाया जाता है। दो घोड़ों की टीमें भी अर्ध-गोलों को अलग-अलग करने में विफल होती हैं।

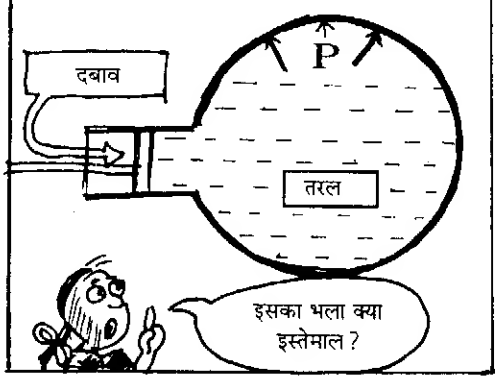


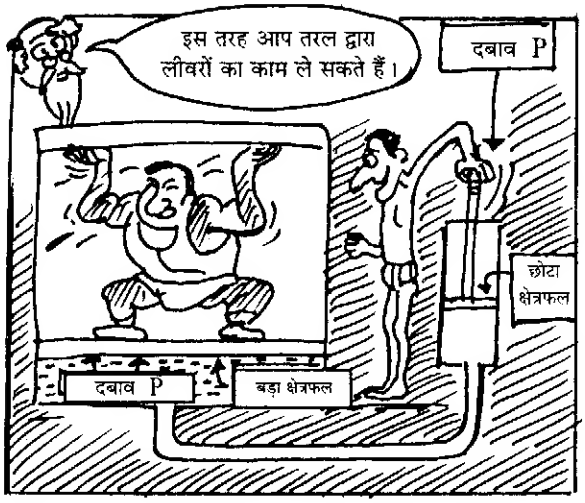
इन्हीं विचारों को ब्लेज़ पास्कल (1623-1662) ने आगे बढ़ाया। पास्कल बचपन से ही कुशाग्र था।

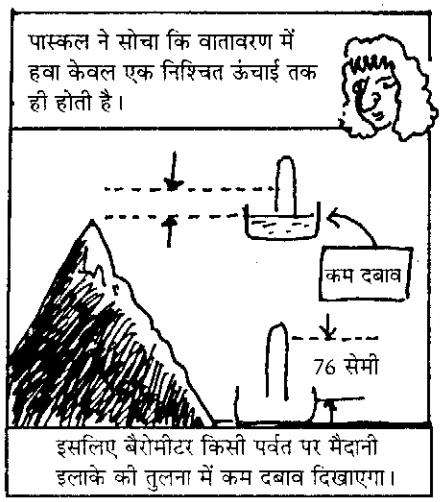
पास्कल जब 16 साल का था तो उसने शंकु के कटानों के ऊपर एक निबंध लिखा और 19 वर्ष की उम्र में दुनिया की पहली कैल्क्युलेटिंग मशीन बनाई।

पास्कल ने संभावना के सिद्धांतों की भी नींव रखी। आगे जाकर इसका भौतिकी में बहुत अधिक उपयोग हुआ।

उसने यह भी पाया कि किसी तरल पर लगा दबाव बिना कम हुए प्रसारित होता है।



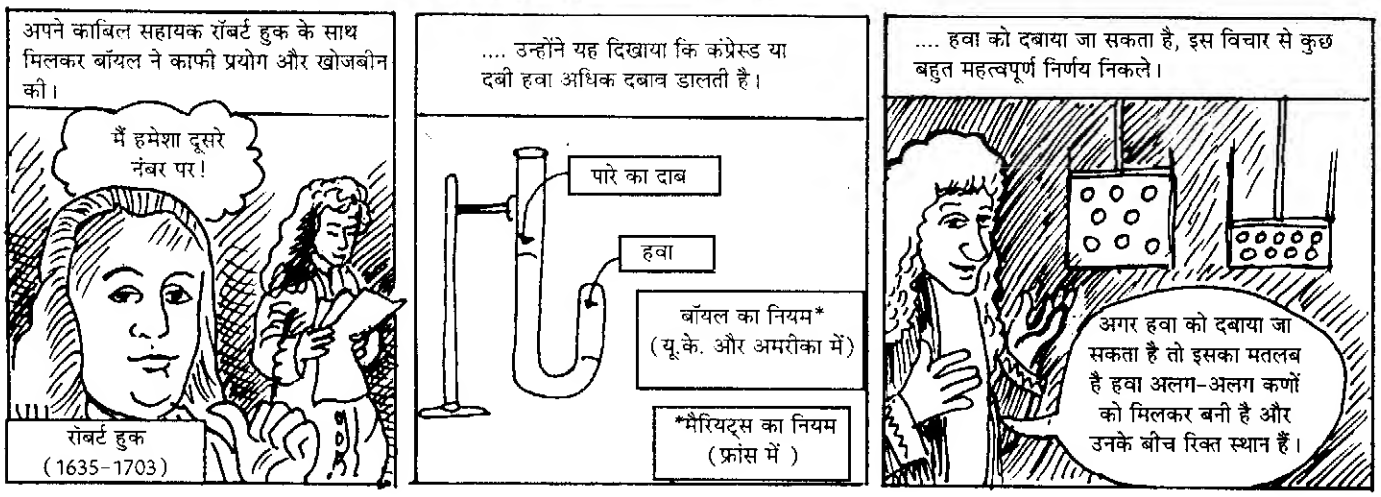

इस तरह आप तरल द्वारा लीवरों का काम ले सकते हैं।
दबाव P
छोटा क्षेत्रफल
दबाव P
बड़ा क्षेत्रफल

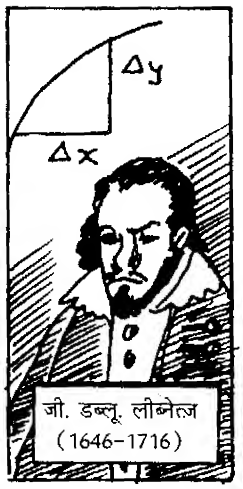

पास्कल ने सोचा कि वातावरण में हवा केवल एक निश्चित ऊंचाई तक ही होती है।
कम दबाव
76 सेमी
इसलिए बैरोमीटर किसी पर्वत पर मैदानी इलाके की तुलना में कम दबाव दिखाएगा।

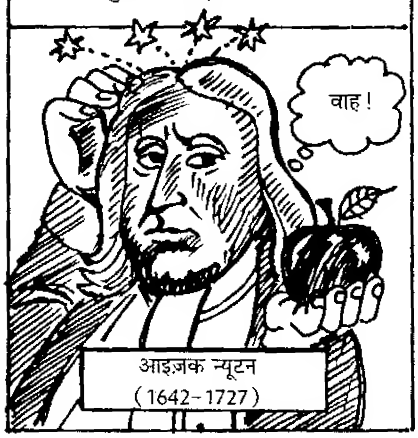
उसके जीजा ने एक मील ऊंचा पहाड़ चढ़कर इस बात की पुष्टि की।
अरे! यह तो 3 इंच नीचे है!

हम चाहें तो बैरोमीटर को ऊंचाई नापने के काम में भी ला सकते हैं। वैसे इसके कई अन्य तरीके भी हो सकते हैं।
आप पहाड़ी से धीरे-धीरे करके नीचे उतरें और बैरोमीटर ट्यूब को स्केल जैसे उपयोग करें।
बैरोमीटर को पहाड़ी के नीचे फेंकें और गिरने का समय दर्ज करें।
किसी को बैरोमीटर घूस में दें और उससे पता लगाने को कहें!
वाह! वाह!
दबाव के अध्ययन में अगला महत्वपूर्ण कदम लेने वाला था ...
रॉबर्ट बॉयल (1627-1691)

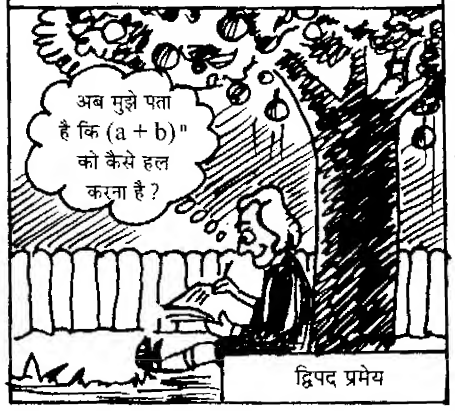
इंग्लैंड में गृहयुद्ध के तुरंत बाद...
...कुछ बुद्धिजीवियों ने चर्चा का एक समूह बनाया जिसका नाम था इनविज़िबिल (अदृश्य) कॉलेज। बॉयल इसी समूह का सदस्य था।
हम लोगों को प्रयोग करना चाहिए!
जब राजा चार्ल्स ने सत्ता संभाली तब यह इनविज़िबिल कॉलेज, रॉयल कॉलेज के नाम से स्थापित हुआ।
The Royal Society
"Nullis in Verba*
*''केवल सत्ता से कुछ भी नहीं''

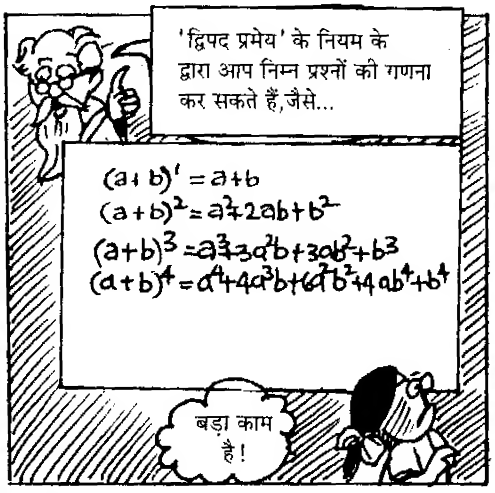

अपने काबिल सहायक रॉबर्ट हुक के साथ मिलकर बॉयल ने काफी प्रयोग और खोजबीन की।
मैं हमेशा दूसरे नंबर पर!
रॉबर्ट हुक (1635-1703)
.... उन्होंने यह दिखाया कि कंप्रेस्ड या दबी हवा अधिक दबाव डालती है।
पारे का दाब
हवा
बॉयल का नियम* (यू.के. और अमरीका में)
*मैरियट्स का नियम (फ्रांस में)
.... हवा को दबाया जा सकता है, इस विचार से कुछ बहुत महत्वपूर्ण निर्णय निकले।
अगर हवा को दबाया जा सकता है तो इसका मतलब है हवा अलग-अलग कणों को मिलकर बनी है और उनके बीच रिक्त स्थान हैं।

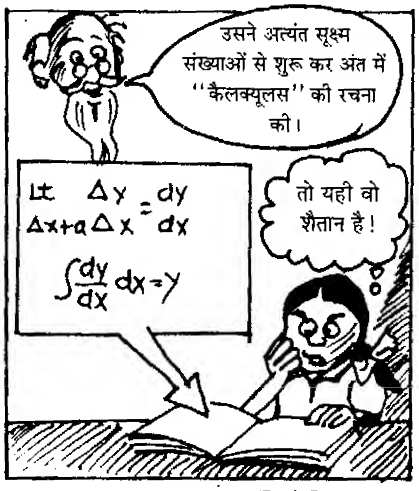


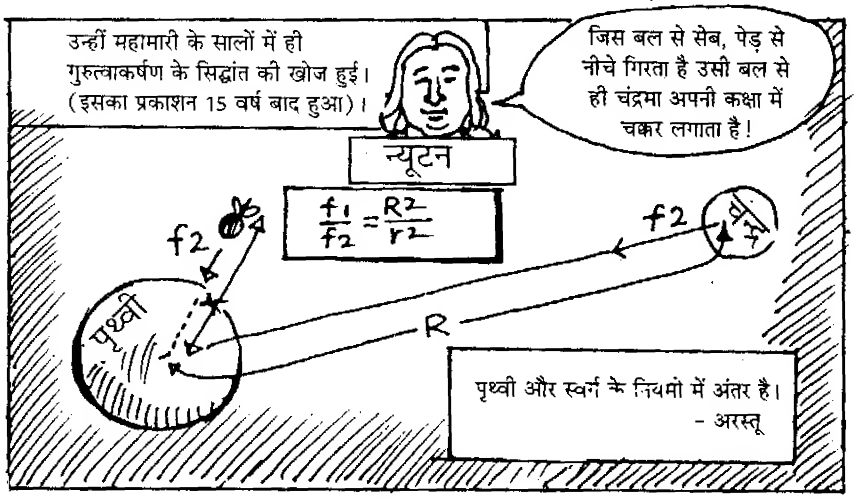


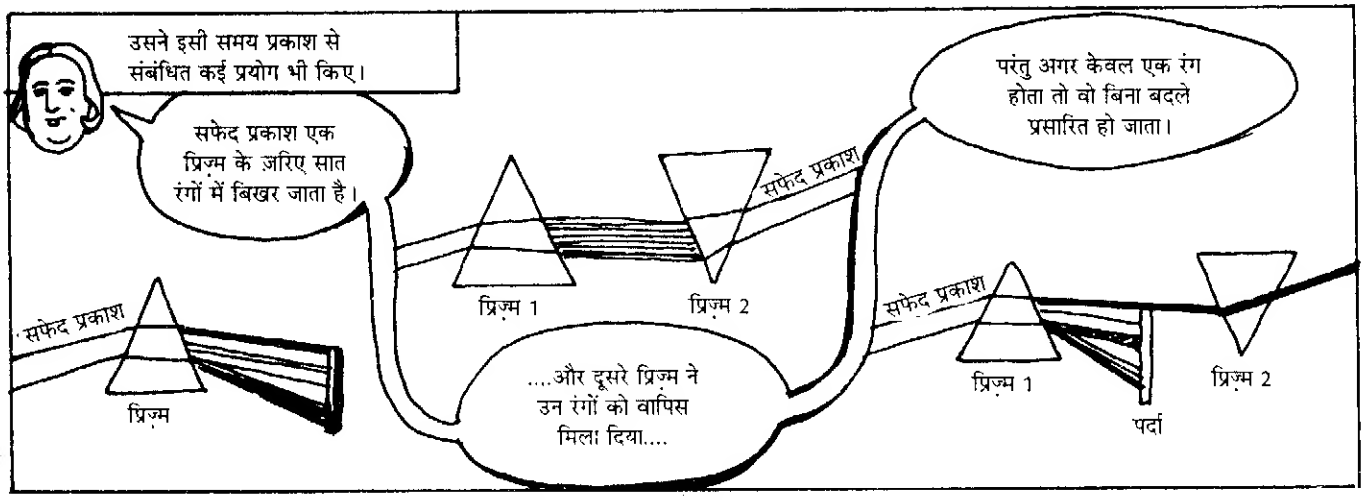
17 वीं शताब्दी के उत्तरार्ध में यूरोप में उच्च-कोटि के वैज्ञानिकों की एक पूरी जमात थी...
सी. हयूजेन्स (1629-1716)
Δy
Δx
जी. डब्लू. लीब्नेत्ज (1646-1716)
आर. हुक (1635-1703)
ई. हैली (1636-1742)
.... परंतु उनमें से एक महान सम्राट था....
वाह!
आइज़क न्यूटन (1642-1727)
न्यूटन का जन्म क्रिस्मस वाले दिन हुआ। बचपन में उसका लालन-पालन उसके दादा-दादी ने किया....
देखने में थोड़ा बुद्धू लगता है!
उसने ट्रिनिटी कॉलेज, केम्ब्रिज से स्नातक की डिग्री ली (1665) और फिर महामारी (प्लेग 1666-67) से बचने के लिए अपनी मां के फार्म पर शरण ली।
शिक्षण संस्थाओं में शिक्षा पूरी करने पर उसकी प्रतिभा फली-फूली।
अब मुझे पता है कि (a + b)ⁿ को कैसे हल करना है?
द्विपद प्रमेय
'द्विपद प्रमेय' के नियम के द्वारा आप निम्न प्रश्नों की गणना कर सकते हैं, जैसे...
(a+b)¹ = a+b
(a+b)² = a²+2ab+b²
(a+b)³ = a³+3a²b+3ab²+b³
(a+b)⁴ = a⁴+4a³b+6a²b²+4ab³+b⁴
बड़ा काम है!
उसने अत्यंत सूक्ष्म संख्याओं से शुरू कर अंत में ''कैलक्यूलस'' की रचना की।
Lt Δx→0 Δy/Δx = dy/dx
∫dy/dx dx = y
तो यही वो शैतान है!
ब्रिटेन
मैं माफी चाहता हूं, पर मैंने भी कैलक्यूलस विकसित किया है।
न्यूटन
लीब्नेत्ज
जर्मनी
उन्हीं महामारी के सालों में ही गुरुत्वाकर्षण के सिद्धांत की खोज हुई। (इसका प्रकाशन 15 वर्ष बाद हुआ)।
न्यूटन
जिस बल से सेब, पेड़ से नीचे गिरता है उसी बल से ही चंद्रमा अपनी कक्षा में चक्कर लगाता है!
f1/f2 = R²/r²
f2
f2
पृथ्वी
R
पृथ्वी और स्वर्ग के नियमों में अंतर है। - अरस्तू



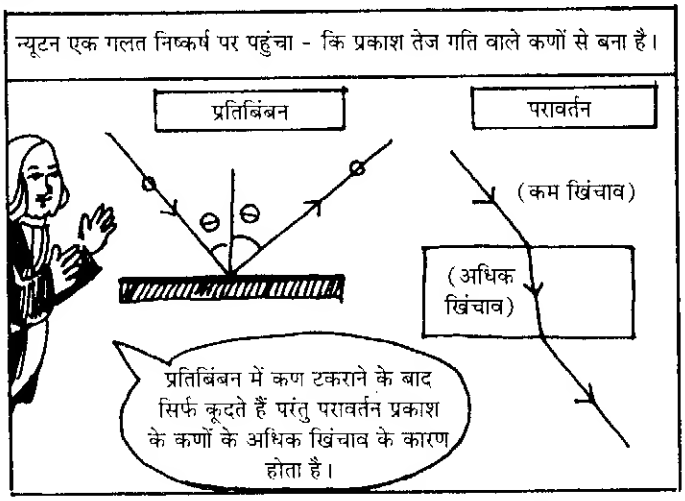


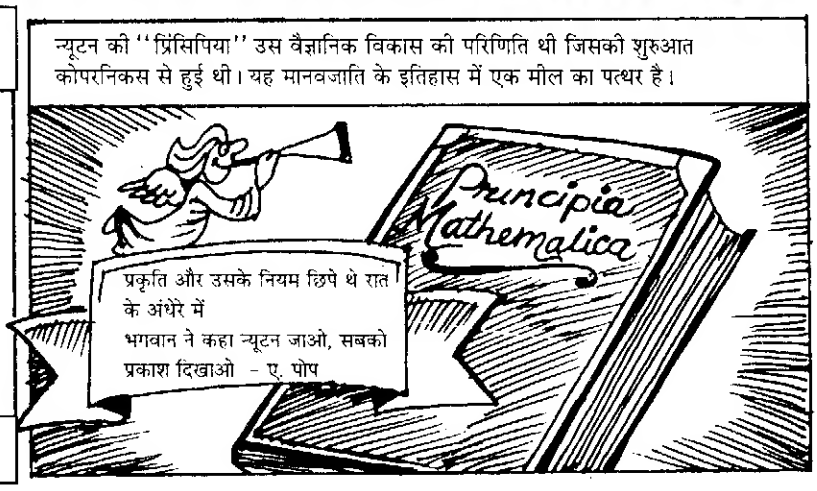






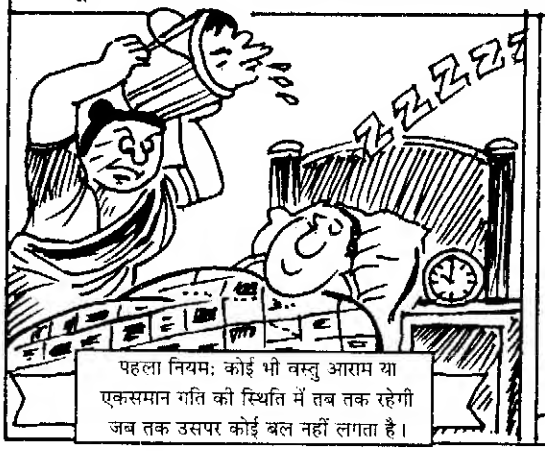
इन प्रयोगों से न्यूटन को बहुत सम्मान और प्रसिद्धी मिली (केम्ब्रिज की प्रोफेसरशिप 1669 में, और एफ.आर.एस. 1672 में)। साथ में उसके कई आजीवन दुश्मन भी बने, मिसाल के लिए हुक।





अपनी पुस्तक ''प्रिंसिपिल्स आफ नैचुरल फिलासिफी'' में न्यूटन ने पूरे यांत्रिक ब्रह्मांड को समझने के लिए एक समग्र प्रणाली गढ़ी थी।

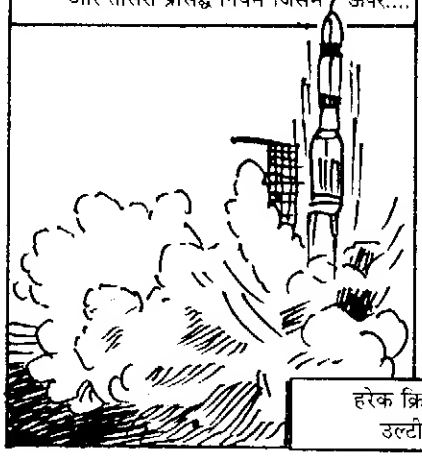
न्यूटन ने गैलेली की संकल्पनाओं को ठोस नियमों का रूप दिया।



पहला नियम: कोई भी वस्तु आराम या एकसमान गति की स्थिति में तब तक रहेगी जब तक उसपर कोई बल नहीं लगता है।

दूसरा नियम: त्वरण = बल / भार

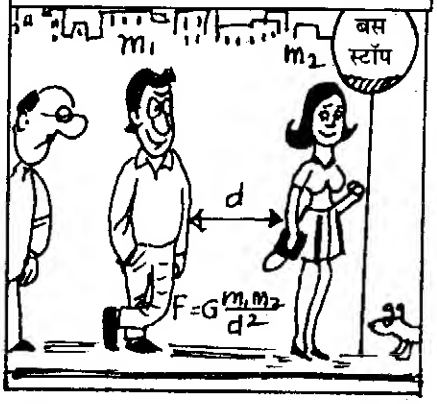
और तीसरा प्रसिद्ध नियम जिसमें ऊपर....



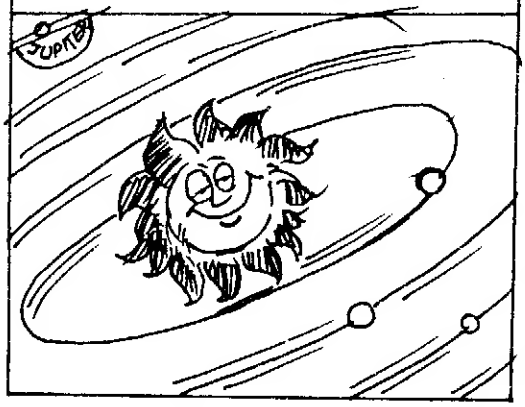
और नीचे जाने की बात कही गई है....

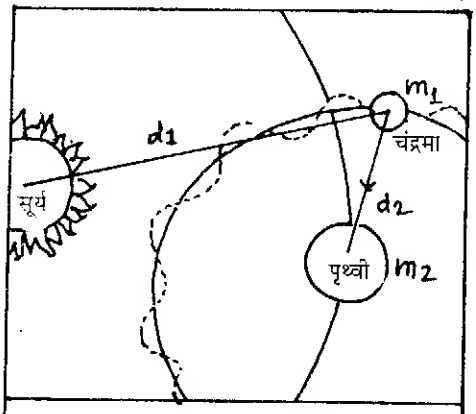
हरेक क्रिया की, एकसमान और उल्टी प्रतिक्रिया होती है।

गजब की अंतर्दृष्टि के साथ न्यूटन ने ब्रह्मांड में किन्हीं भी दो पिंडों के बीच, गुरूत्वाकर्षण के नियम प्रतिपादित किए।

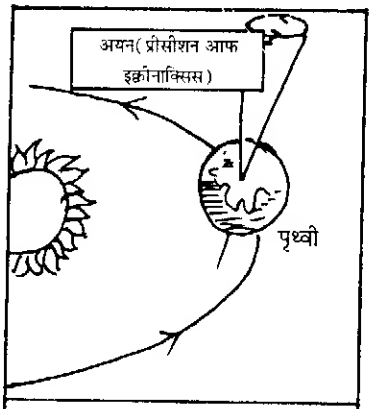


न्यूटन, ग्रहों की गति से संबंधित, केप्लर के नियम के परिणाम नहीं निकाल पाया। इन नियमों से ब्रह्मांड को समझने में बहुत मदद मिली।





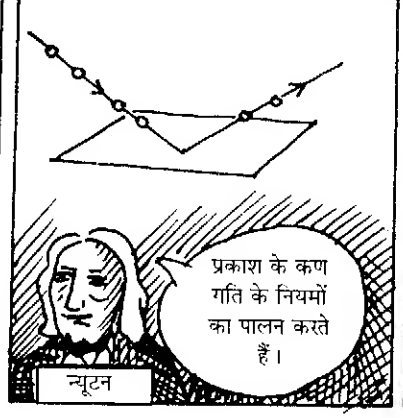
न्यूटन ने चंद्रमा की अनियमित गति का कारण समझाया।



.... और पृथ्वी घूमने के दौरान उसकी ''डगमग'' भी समझायी।

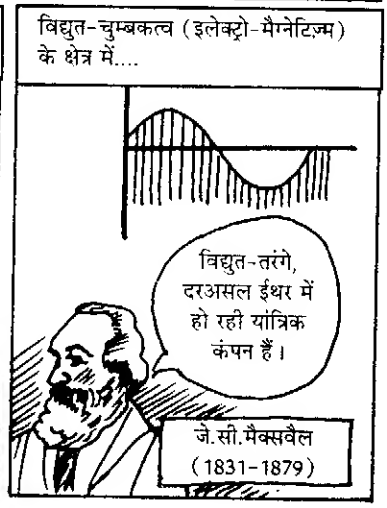
हम आगे देखेंगे कि न्यूटन के प्रकृति संबंधी यांत्रिक दृष्टिकोण ने भविष्य के बहुत से भौतिकशास्त्रियों के विचारों को प्रभावित किया।

प्रकाश या आप्टिक्स के क्षेत्र में...

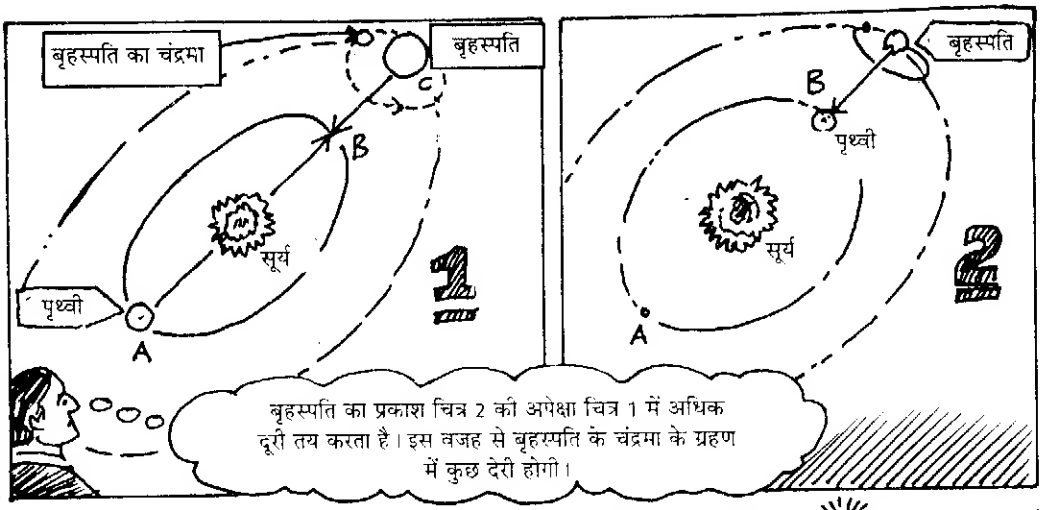


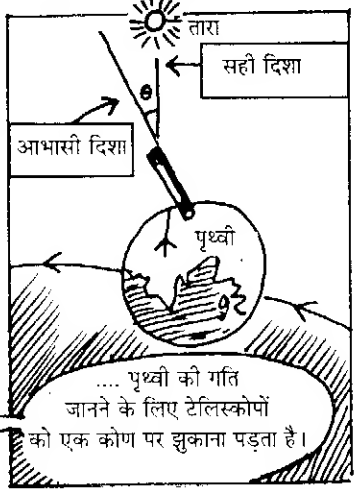
थर्मोडायनामिक्स (उष्मा-गतिकी) के क्षेत्र में....

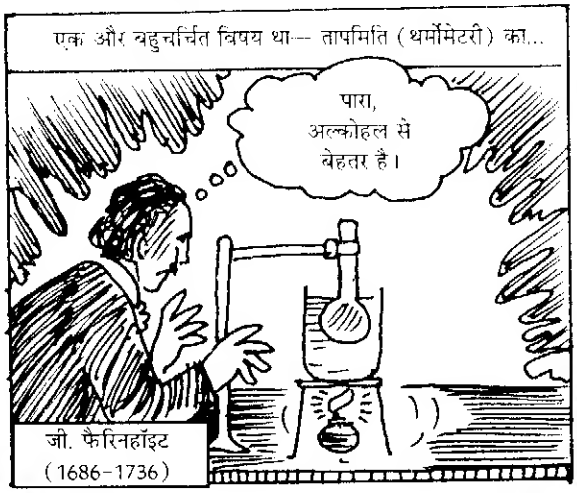
विद्युत-चुम्बकत्व (इलेक्ट्रो-मैग्नेटिज्म) के क्षेत्र में....

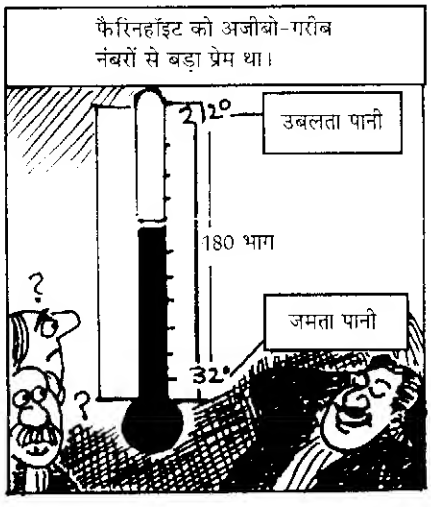


न्यूटन के बाद के वर्षों में विज्ञान के क्षेत्र में कुछ सरल लेकिन महत्वपूर्ण विकास हुए। रोएमर ने प्रकाश की गति को मापा।









उष्मा में तापमान के अलावा भी बहुत कुछ है। इस तथ्य को सबसे पहले जोज़ेफ ब्लैक (1728-1799) ने पहचाना।

आपको पानी को उबालना पड़ता है और तब भाप बनती है.....

बर्फ

....इसी तरह आपको पानी बनाने के लिए बर्फ को गर्म करना पड़ता है।

परंतु पिघलते और उबलते समय तापमान नहीं बदलता है।

0°C

बर्फ

100°C

पानी

भाप

भाप में पानी की तुलना में कहीं अधिक उष्मा होती है - बचाओ!

पानी

उसने उष्मा की मात्रा को कैलोरी का नाम दिया। यह एक अजीब किस्म की चीज़ थी...

गर्म

ठंडा

उसका कोई भार नहीं था!

परंतु थी बहुत उपयोगी।

मैं इस कैलोरी से कुछ काम जरूर लूंगा!

वॉट एन आईडिया?

जेम्स वॉट (1736-1819)

एक बात पक्की है, कि जेम्स वॉट से पहले भी भाप के इंजन थे...

रबर की नली

भाप चलित पम्प

कोयला खदान

तुम उसे दुबारा कह सकते हो!

सेवरी थॉमस (1650-1715)

परंतु जेम्स वॉट ने पुरानी मशीनों को दुबारा डिज़ाइन करके उन्हें कहीं अधिक बेहतर बनाया।

है न कलाकारी!

1870 तक भाप की शक्ति को खूब उपयोग में लाया जाने लगा। इससे औद्योगिक क्रांति-युग की शुरुआत हुई।

औद्योगिक उत्पादन बढ़ा

भाप के जहाज़

भाप का इंजन

कपड़ा मिल

निर्यात में बढ़ौत्तरी

कभी-कभी क्रांति (रेवोल्यूशन) की आदत सी पड़ जाती है।

एकदम सही!

सूर्य

पृथ्वी

इसी तरह की क्रांति अमरीका में भी आई।

मैं तो चला ब्रिटेन!

काउंट रमफोर्ड (1753-1814)

और फ्रांस में भी....

97..98..99..हा! अब शताब्दी में बस एक कम है क्यों?

अरे!

अगला नंबर तुम्हारा!

इस सबके बीच काउंट रमफोर्ड उष्मा की सही प्रकृति के बारे में सोच-विचार कर रहे थे।

Matt's steamy engine

उष्मा से गति पैदा होती है....

और गति से उष्मा पैदा होती है। क्या दोनों संबंधित हैं?

ज़्यादातर लोग रमफोर्ड के मत के खिलाफ थे।

उष्मा एक भारहीन तरल है।

लैवोज़ियर (1743-1794)

और घर्षण द्वारा यह तरल ढीला होकर उष्मा बनता है।

लैवोज़ियर

अरे ज़रा मैं भी तो देखूं!

रमफोर्ड

रमफोर्ड ने पीतल के गुटके में, छेद करते समय पैदा हुई, उष्मा की मात्रा मापी।

बाप रे!

पीतल

इसमें तो पीतल को पिघलाने से भी अधिक उष्मा निकली!

पीतल

क्योंकि यह सब उष्मा उस पीतल के टुकड़े में तो नहीं थी....

...इसलिए घर्षण से ही वो पैदा हुई होगी।

लैवोज़ियर को गलत साबित करने के बाद रमफोर्ड ने उसकी विधवा से शादी कर ली। परंतु उनकी शादी जल्द ही गाली-गलौज के बाद टूट गई।

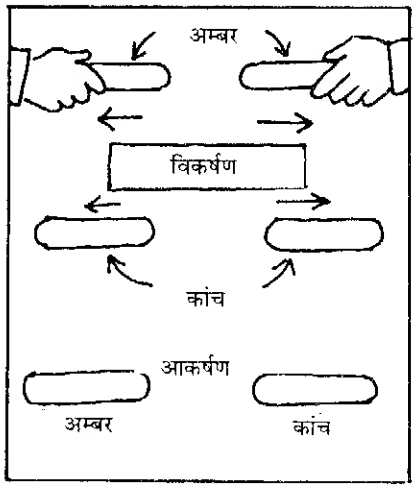
लैवोज़ियर खुशनसीब था कि उसे फांसी मिली।

यह बहुत उबाऊ आदमी है!

इस बीच में विद्युत का भी अपना युग आने लगा था।

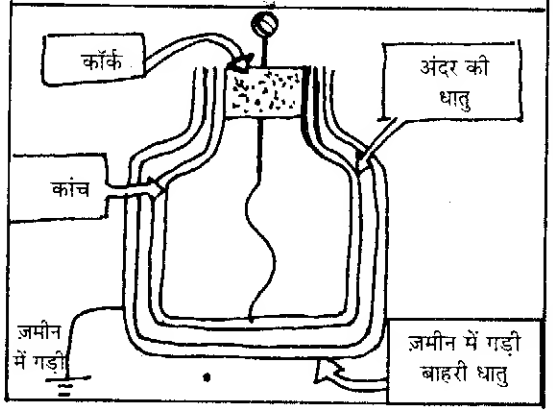
बचाओ!

18 वीं सदी तक बस इतना पता था कि विद्युत के दो प्रकार होते हैं।

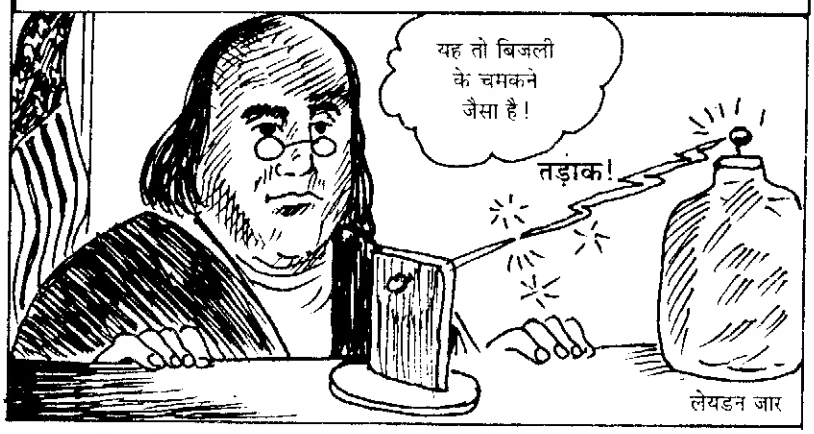


लोगों को विद्युत संग्रह करना आता था।

लेयडन जार में दो धातुओं को कांच से अलग किया जाता है। अंदर वाली धातु पर आवेश होता है।

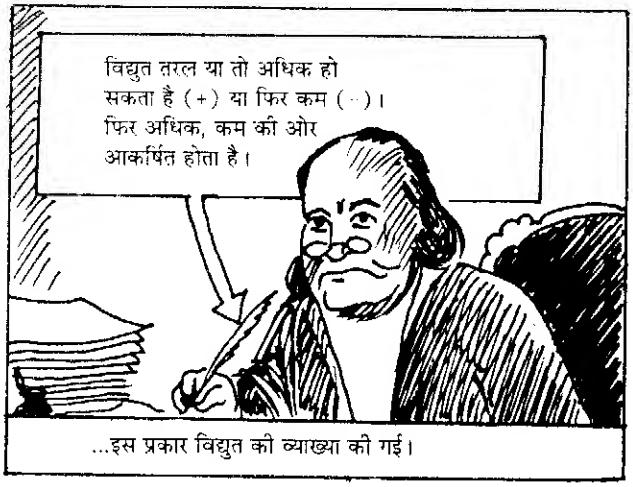


कई वैज्ञानिक लेयडन जार पर काम कर रहे थे। उनमें एक थे बेंजामिन फ्रैंकलिन (1706-1790)



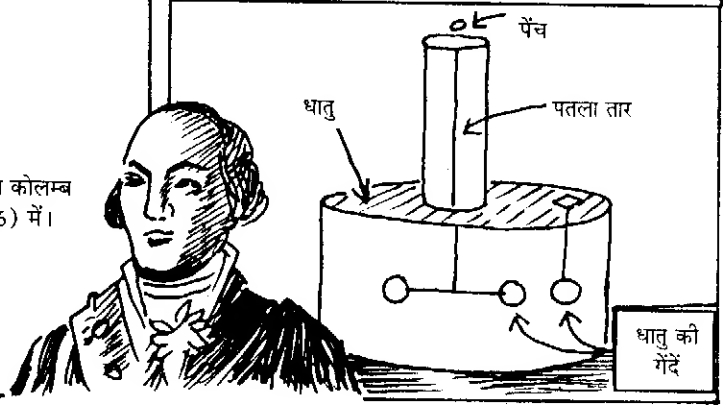
फ्रैंकलिन ने यह पता लगाने की चेष्टा की कि क्या बिजली कड़कने का वास्तव में विद्युत से कुछ लेना-देना है।

फ्रैंकलिन ने सबसे पहला बिजली निरोधक (लॉइट अरेस्टर) बनाया....

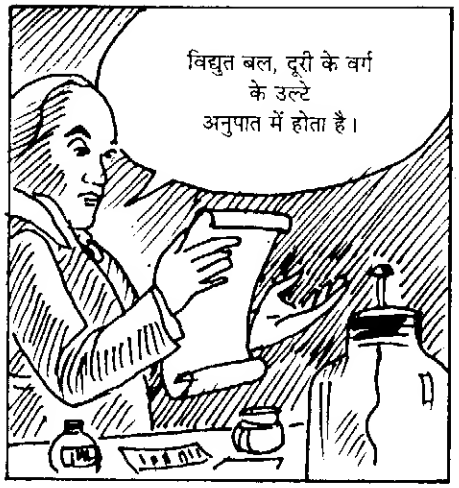


दो पिंडों के बीच के विद्युत बल का सही नियम खोजा चार्ल्स ऑगस्टीन कोलम्ब ने (1736-1806) में।

उसने एक मरोड़-तुला (टौरशन बैलेंस) बनाई जिससे कि छोटे बलों को नापा जा सकता था।

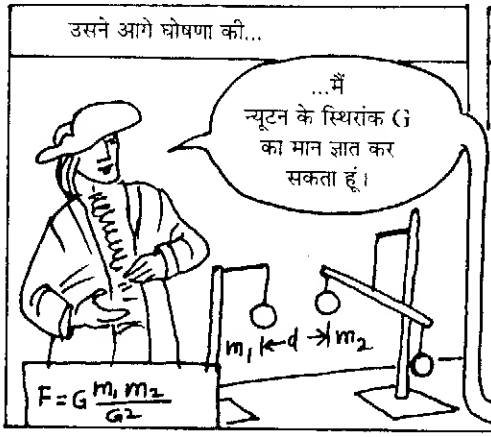


विद्युत बल, दूरी के वर्ग के उल्टे अनुपात में होता है।

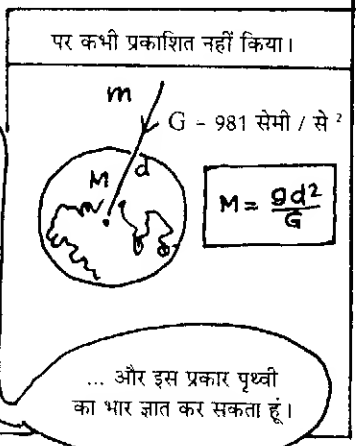


इस बीच, एक शर्मीले और एकांतवासी वैज्ञानिक ने भी इसी तुला और उसके नियमों को खोज निकाला।

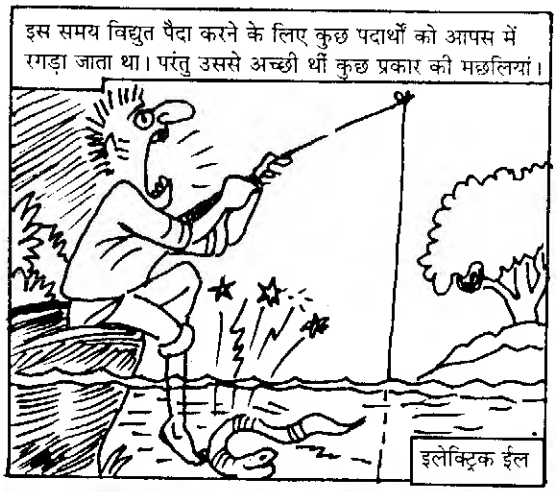
उसने आगे घोषणा की...



पर कभी प्रकाशित नहीं किया।



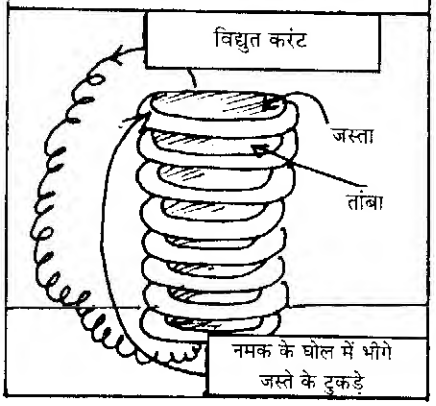
इस समय विद्युत पैदा करने के लिए कुछ पदार्थों को आपस में रगड़ा जाता था। परंतु उससे अच्छी थीं कुछ प्रकार की मछलियां।



गैल्वानी ने पाया कि दो अलग धातुओं को छूने पर मेंढकों के पैर झटकने लगते हैं।

परंतु वोल्टा के अनुसार ये सभी रासायनिक विद्युत के उदाहरण थे।

वोल्टा की तांबे-जस्ते की ढेरी ने, प्रयोग करने वालों के काम को काफी आसान बना दिया...



इससे नेपोलियन के दरबार में वोल्टा को खूब सम्मान मिला।

वोल्टा की ढेरी से विद्युत के प्रयोगों को करना आसान हो गया। इससे अंत में एकीकरण हुआ...

....और विद्युत और चुम्बकत्व आपस में मिल गए।

देखो! विद्युत करंट से चुम्बकीय सुई हिलती है।

एच. एस. ओएरस्टेड (1777-1851)

स्थिर विद्युत करंट

वोल्टा की ढेरी

सुई किस तरफ मुड़ती है यह करंट के बहने की दिशा पर निर्भर करता है।

इस प्रयोग के पश्चात कई लोगों ने प्रयोग किए, खासकर एम्पियर ने...

क्या एक करंट का दूसरे पर प्रभाव पड़ता है?

ए. एम. एम्पियर (1775-1836)

हां अवश्य पड़ता है!

जहां भी विद्युत करंट समानांतर होता है वहां तार एक-दूसरे की ओर आकर्षित होते हैं।

शायद विद्युत करंट से चुम्बकत्व भी पैदा होता हो। यह भी संभव है।

मैं एक नली के चारों ओर तार के कई चक्कर लपेटता हूं....

... और फिर उसमें करंट प्रवाहकर देखता हूं।

वोल्टा की ढेरी

अचरज की बात यह हुई, कि तार की कुंडली ने, एक छड़ चुम्बक जैसा काम किया!

लोहे का बुरादा

विद्युत-चुम्बक

यह इतिहास में एक महान क्षण था।

विद्युत से चुम्बकत्व पैदा किया जा सकता है।

एम्पियर ने चुम्बकत्व के बारे में सही ही सोचा था।

N S

चुम्बकीय पदार्थों में छोटे-छोटे विद्युत करंट होते हैं।

मैं सोच रहा हूं कि क्या चुम्बकों से भी विद्युत पैदा की जा सकती है?

इसका उत्तर था....

हां!

एम. फैराडे
(1791-1867)

फैराडे के पिता एक गरीब लोहार थे। उनके दस बच्चे थे। शायद इससे फैराडे को कुछ लाभ हुआ।

देखो बेटा! मैं तुम्हें स्कूल नहीं भेज पाऊंगा

वाह!

... फैराडे ने उसका सही उपयोग किया।

आपकी पुस्तक की जिल्द बन गई है। मैं उसे अभी पढ़ रहा हूं। कल आएं।

जिल्दसाज़

हम्फ़री डेवी के पास नौकरी मिलने पर उसने विद्युत प्रयोग शुरू किए ....

फैराडे शायद मेरी सबसे बड़ी खोज निकले।

एच. डेवी
(1778-1829)

.... जिनके चौंका देने वाले नतीजे निकले।

किसी कुंडली के अंदर चलते चुम्बक से करंट पैदा होता है।

इससे साफ है कि चुम्बकत्व से विद्युत बनती है।

गतिशील चुम्बक

S

N

करंट नापने का उपकरण

कुंडली

अब एक विद्युत-चुम्बक (इलैक्ट्रोमैग्नेट) क्यों न उपयोग किया जाए?

फैराडे ने पहला "ट्रांस्फार्मर" बनाया।

बदलता करंट दूसरी कुंडली में भी कुछ करंट उत्पन्न करता है।

फैराडे के भाषणों को सुनने के लिए लोगों की भीड़ उमड़ पड़ती थी।

विद्युत से गति पैदा हो सकती है।

फैराडे ने सबसे पहले बिजली के मोटर और डायनामो बनाए - जो प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में महान उपलब्धियां थीं।

और इससे भी अधिक महत्वपूर्ण काम था कि फैराडे ने विद्युत और चुम्बकत्व का पहला एकीकरण (यूनिफिकेशन) किया।

जिससे कुछ समय बाद दूसरा एकीकरण भी हुआ।

अंधकार दूर करो, प्रकाश लाओ।

जैसा हम पहले कह चुके हैं न्यूटन का मत था कि प्रकाश कणों का बना होता है और इसीलिए स्पष्ट परछांईयां पड़ती हैं।

नहीं! प्रकाश एक तरंग (वेव) है।

ROYAL SOCIETY

रॉयल सोसायटी

न्यूटन

ह्यूजेन्स

चुप रहो, क्रिश्चियन, कणों द्वारा सब बातों की व्याख्या हो जाएगी!

अजी, हां?

सभी बातों की? शायद नहीं! यही एक स्फटिक था - आईसलैंड स्पार जो काफी परेशानियां खड़ी कर रहा था।

अरे! मुझे तो डबल दिख रहा है।

मुझे भी दोस्त, मुझे भी!

बार्थोलिन (1625-1698)

आईसलैंड स्पार प्रकाश की किरण को दो में बांट रहा था ....

दो बिंब

कांच

परावर्तन

आईसलैंड स्पार

डबल परावर्तन

....इसे न्यूटन नहीं समझा पाया...

पर ह्यजेन्स भी इसका सही जवाब नहीं दे पाया!

मामला काफी समय तक लटका रहा - थॉमस यंग के आने तक - जो बचपन से ही अद्‌भुत प्रतिभा से सम्पन्न था।

मेरी चड्डी मत बदलो। मैं अभी पढ़ रहा हूं।

यंग ने दिखाया कि प्रकाश में व्यतिकरण (इंटरफ्यिरेंस) और विवर्तन (डिफरैक्शन) होता है। इसमें दो तरंगें भाग लेती हैं।

अरे! यह सब क्या हैं?

दो तरंगें आपस में मिलकर एक बड़ी तरंग बना सकती हैं।

या फिर शून्य यानी कुछ भी नहीं - यही व्यतिकरण है।

तरंग किसी छेद में मुड़ सकती है - यह विवर्तन है।

प्रकाश का स्रोत

मैं प्रकाश की एक किरण को दो छेदों में से भेजकर देखता हूं।

थॉमस यंग

व्यतिकरण से चमकीले और अंधेरे धब्बे उत्पन्न होंगे।

दो प्रकाश की किरणों से अंधेरा बढ़ेगा

परंतु इनकी तरंग-लंबाई तो बहुत छोटी है।

यह सब मान लिया ठीक है - परंतु आईसलैंड स्पार?

अरागो (1786-1853)

मैं इसका सही उत्तर दे सकता हूं।

देखो, हयूजेन्स की तरंगों से नहीं।

क्योंकि वे गलत तरह की तरंगे थीं!

हयूजेन्स की तरंगे यात्रा की दिशा में ही कंपन करती थीं - एकदम ध्वनि की तरंगों की तरह...

विरल

दबी हुई

अनुदैर्ध्य तरंग

''....प्रकाश तरंगे यात्रा की दिशा के लंबवत कंपन करती हैं...''

... और इस कारण उनकी दो स्थितियां हो सकती हैं।

①

या

②

आईसलैंड स्पार 1 और 2 को अलग-अलग मोड़ता है।

थॉमस सही था। मैं उसका प्रमाण दे सकता हूं।

छोड़ो!

फ्रेस्नेल (1788-1827)

तुम अगर इतना जानते हो तो मुझे बताओ कि प्रकाश में असल में क्या कंपन करता है?

.... देखो, कोशिश करता हूं। हम एक विरल माध्यम ईथर की कल्पना करें?

तो फिर हमें ईथर का कुछ असर क्यों नहीं दिखता है?

शायद हमने उसे तलाशा ही न हो।

बहुत रोचक है, क्यों है ना?

आइंस्टीन

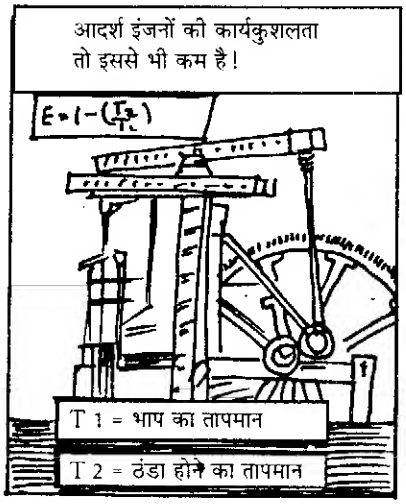
काफी!

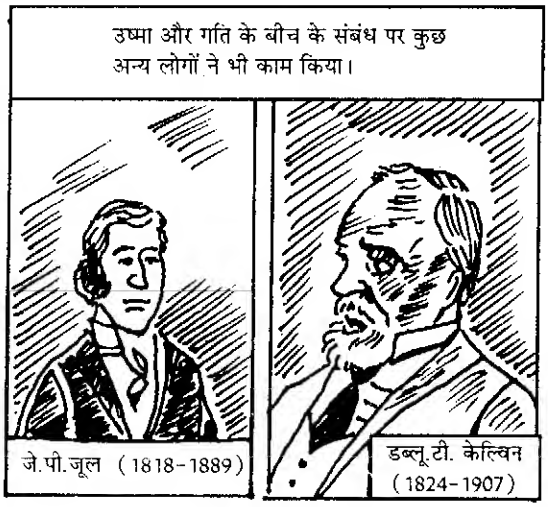
जे.सी.मैक्सवैल

प्रकाश की प्रकृति पर एक और महान वैज्ञानिक जेम्स कर्लाक मैक्सवैल (1831-1879) ने भी प्रकाश डाला।
उसमें बचपन से ही विलक्षण प्रतिभा थी....
हा! हा!
''डैफी'' मैक्सवैल! हा! हा...
...जब उसका पहला वैज्ञानिक निबंध रॉयल सोसायटी ऑफ ऐडिनबर्ग में पढ़ा गया तब मैक्सवैल की उम्र 15 साल थी।
बड़ा प्रतिभाशाली लड़का लगता है।
ROYAL SOCIETY
रॉयल सोसायटी
कुछ साल के बाद उसने विद्युत-चुम्बकत्व का अध्ययन किया...
हमें जो कुछ पता है उसे मैं इक्ट्ठा करता हूं।
सबसे पहले तो कोलम्ब का नियम।
यह उल्टा तिकोन चिन्ह क्या है?
इसे भूल जाओ! आजकल लोग इसी तरह लिखने लगे हैं।
और फिर एम्पियर का नियम कि ....
..... करंट से चुम्बकत्व पैदा होता है
ओएरस्टेड
और फिर माइकेल का काम।
चुम्बक से विद्युत पैदा की जा सकती है।
फैराडे
अरे बाप रे! यह तो ठीक नहीं है!
चलो मैं इसे ठीक करता हूं।
इन सुधारों के बहुत महत्वपूर्ण परिणाम निकले....
इन समीकरणों का एक तरंग हल है। चलो मैं उनकी गति का हिसाब लगाता हूं।

क्या !
इन तरंगों की गति बिल्कुल प्रकाश की गति जितनी है !
प्रकाश एक विद्युत-चुम्बकीय तरंग है !
इतिहास में यह भी एक महान क्षण था - विद्युत, चुम्बकत्व और प्रकाश इन तीनों का एकीकरण।
मैक्सवैल के समीकरणों के अनुसार, कंपन करते हुए आवेश, विद्युत-चुम्बकीय (ई एम) तरंगे बिखेरते हैं
पृथ्वी
ई एम तरंगे, आवृत्ति f
सूर्य
आवृत्ति f से कंपन करता हुआ आवेश
इसलिए ई एम तरंगों की कोई भी तरंग-लंबाई हो सकती है !
छोटी तरंगे
टी.वी. / एफ.एम. रेडियो तरंगे
माईक्रोवेव्ज़
सबमिलि मीटर
इंफ्रारेड (अवरक्त)
बिलयोर
पराबैंगनी
एक्स-रेज़
गामा-किरणें
कास्मिक-किरणें
इंफ्रारेड और पराबैंगनी किरणों के बारे में पहले से ही पता था।
देखो, कैरोलीन, लाल के आगे कितना गर्म है !
हर्शेल (1738-1822)
लगभग 1800
बैंगनी के आगे वाली किरणें सिल्वर आयोडाइड पर बेहद असरदार हैं।
रिटर
लगभग 1801
और जल्द ही विद्युत-चुम्बकीय तरंगों (ई. एम. वेव्ज़) को प्रयोगशाला में पैदा कर लिया गया।
कैसा चल रहा है काम, हर्टज़ ?
मैं तरंगे बना रहा हूं, हेल्मोल्टज़।
ये तरंगें किस माध्यम में यात्रा करती हैं ? क्या वो ईथर है ?
तुम भी जेम्स ?
आइंस्टीन
ब्रहमांड का गुरूत्व
पृथ्वी पर गुरूत्व
यांत्रिकी
न्यूटन
उष्मा
गुरूत्व
विद्युत
चुम्बकत्व
प्रकाश
एम्पियर
ओएरस्टेड
फैराडे
मैक्सवैल
विद्युत-चुम्बकत्व
नहीं बेटी ! इन सिरों को आपस में जोड़ने का काम भी चल रहा था।
यह सब ढीले सिरे लगते हैं !

उष्मा और यांत्रिकी को आपस में जोड़ कर थर्मोडायनामिक्स (उष्मा गतिकी) बनाने के काम में अनेक वैज्ञानिकों का योगदान था। इस काम को शुरू किया सादी कार्नोट ने।





लोग जूल के काम की प्रशंसा करने लगे, पर इसके पीछे केल्विन का प्रभाव था।
जर, सुनो तो! वह सही बात कह रहा है।
जब कोई लुढ़कती गेंद रुकती है .....
तब उसकी गतिज ऊर्जा, उष्मा में बदल जाती है और उसका तापमान बढ़ जाता है।
केल्विन को अब अपने बनाए "परिशुद्ध (एब्सल्यूट) ताप पैमाने" का महत्व समझ में आया।
100C
50°
0°C
-100°
-200°
-273°C
373°k
273°k
यहां पहुंचने पर सब हलचल बंद हो जाती है।
0k
उष्मा भी ऊर्जा का ही एक रूप है। इस समझ के बाद ही उष्मागतिकी का पहला नियम सामने आया। उससे कुछ लोगों.....
चक्का
पिस्टन
बॉयलर
आग
कुल ऊर्जा = उष्मा + यांत्रिक ऊर्जा = स्थिरांक
एच.एल.एफ. हेल्मोल्ट्ज
(1821-94)
....के सामने परेशानी भरे सवाल खड़े हुए!
देखो थॉमस! गेंद खुद ब-खुद लुढ़कने क्यों नहीं लगती है, जिससे उसका तापमान कम हो जाए?
इसका जवाब बहुत कठिन है।
इसका उत्तर उष्मागतिकी (थर्मोडायनामिक्स) के दूसरे नियम के रूप में मिला।
S = ∫dQ/T
कोई बंद निकाय (सिस्टम) अपनी अव्यवस्था के स्तर को कम नहीं कर सकता*
क्लैशियस
(1822-1888)
*इसे एंट्रोपी भी कहते हैं।
क्या गड़बड़?!
देखो! जब यह ढक्कन उठता है।
गैस
निर्वात
गैस
... तो डिब्बे में गैस भरती है।
परंतु वो कभी भी अपनी पूर्वस्थिति में, अपने आप नहीं वापिस जाएगा!
गैस
गैस
निर्वात
क्या! कभी नहीं?
कभी नहीं!
सचमुच, कभी नहीं?
शायद ही कभी!
दूसरा नियम कई निरीक्षणों को समझाता है....
गेंद अपना तापमान कम करने के लिए खुद नहीं लुढ़कती है।
उष्मा ठंडी से गर्म वस्तुओं में नहीं बहती है।
दूध और कॉफी मिलने के बाद खुद-ब-खुद अलग-अलग नहीं होते।
परंतु दूसरे नियम को समझने के लिए हमें गैसों की गतिज व्याख्या की जरूरत होगी।
एस. बोल्टज़मैन
(1844-1906)

यांत्रिकी और उष्मा के बीच, संपूर्ण संबंध स्थापित करने में दो वैज्ञानिकों का महत्वपूर्ण योगदान था - मैक्सवैल और....

एस. बोल्टज़मैन

गति की प्रकृति को ही हम उष्मा मानते हैं....

गैसों में असंख्य परमाणु यांत्रिकी के नियमों का पालन करते हैं....

गैस के गुणधर्मों को यांत्रिकी द्वारा समझा जा सकता है।

बाप रे बाप!

मुश्किल है!

गैसों के सभी परमाणु इस प्रकार क्यों नहीं बने रहते हैं ?

आयतन V / 2

खाली

कुल आयतन V

यह सरल है! किसी परमाणु के बायीं ओर होने की संभावना आधी (1/2) है...

इसलिए n परमाणुओं की संभावना होगी (1/2 × 1/2... n बार)

$P=(1/2)^N$

जिस गैस में 10^{23} परमाणु हों, वहां यह संभावना इतनी कम है कि वो कभी होती ही नहीं है।

$\frac{1}{10.0\ldots00}$ (10^{22} zeros)

बोल्टज़मैन ने समझाया कि दाब, परमाणुओं की गतिशीलता के कारण ही पड़ता है....

दाब = (प्रत्येक सेकंड होने वाली टक्कर) × (आवेग)

~ (nv) (mv)

औसत गति = v

....इसीलिए तापमान, बेतरतीब (रैंडम) गतिशीलता का एक माप बन जाता है।

देखो! यह गर्म खेल है।

गतिशीलता की आजादी के प्रत्येक अंश के साथ बोल्टज़मैन ने एक स्थिर ऊर्जा जोड़ी।

$E_B = 1/2\ KT$

कंपन

गतिशीलता

घूमना

कुल ऊर्जा = $6\ E_B$

.... इससे बहुत सारे अवलोकनों को समझाने में मदद मिली परंतु सभी बातें फिर भी समझ में नहीं आईं!

$U=NkT$

गणना के बाद गैसों की आपेक्षिक उष्मा एकदम गलत निकली!

इसी प्रकार की समस्याएं तब सामने आईं जब बोल्टज़मैन के विचारों से काली, गर्म कोटर द्वारा, प्रकाश के विकीरण को समझाने की कोशिश की गई।

व्याख्या (थ्योरी)

वास्तविक वक्र

तीव्रता

आवृत्ति

रैले ने कोटर (कैविटी) में प्रकाश के अलग-अलग कंपनों की गणना की।

जरा देखूं तो, तरंगों की लंबाई 2L, 2L/2, 2L/3.... 2L/10 ....2L/1000.... , इस तरह से अनंत हो सकती हैं....

लार्ड रैले (1842-1919)

... हरेक की ऊर्जा (KT) होगी और हरेक कोटर में अनंत ऊर्जा होगी।

यह सब क्या बकवास है?

पहला मौका जब तार्किक व्याख्या के बाद नतीजे बेवकूफी के निकले हों!

गैसों की आपेक्षिक उष्मा

काले पिंडों द्वारा विकिरण

प्रकाश के व्यवहार ने कई नए सिरदर्द खड़े किए।

देखो, मैं स्थिर खड़े रहकर इन्हें गति v से फेंक सकता हूं...

ए. माइकिलसन (1852-1931)

ई. मोरले (1838-1923)

अगर मैं यही काम दौड़ते हुए गति u से करूं तो ये पिंड (v+u) और (v-u) गति से चलेंगे।

(v+u)

(v-u)

ज़रा बच के रहो!

टकराहट!

अब तुमने देखा!

बाप रे! सावधान रहो

"ऐसा माना जाता था कि प्रकाश कंपन द्वारा ईथर में यात्रा करता है...

सूर्य

ईथर

पृथ्वी

.... इस स्थिति में, ईथर में घूमती पृथ्वी, अलग-अलग दिशाओं में प्रकाश की गति बदलेगी।"

C+v

C-v

EARTH

पृथ्वी का वेग v

इस प्रभाव का पता लगाने के लिए एक संवेदनशील प्रयोग रचा गया....

.... जिसका उत्तर शून्य निकला!

क्या प्रकाश की गति का, स्रोत की गति से कुछ लेना-देना नहीं?

पर ऐसा कैसे हो सकता है?!

भौतिकी कैसी चल रही है, प्रोफेसर?

अच्छी! परंतु ये आपेक्षिक उष्मा और ईथर के प्रयोग दिक्कत दे रहे हैं।

19 वीं शताब्दी के अंत में, भौतिकी का यही हाल था।

शास्त्रीय भौतिकी की समस्याओं की वजह से कई बुनियादी अवधारणाओं में, क्वांटम-थ्योरी और सापेक्षता के कारण सुधार हुआ। सापेक्षता (रेलेटिविटी) एक क्रांतिकारी काम था....

एक लड़के का जिसका जन्म 1879 में हुआ - अल्बर्ट आइंस्टीन।

जर्मन साम्राज्य

यूरोप

सभी इंसान बराबर होते हैं।

अल्बर्ट का बचपन हरेक बुद्धू बालक के मन में एक उम्मीद की ज्योति जलाएगा....

पौलीन, ऐल्बी तो बुद्धू है।

इसलिए शायद वो बड़ा होकर भौतिकी पढ़े।

आइंस्टीन तुम्हारी वजह से सबका ध्यान भंग हो रहा है।

अल्बर्ट, बिना डिप्लोमा प्राप्त किए ही, स्कूल छोड़ देता है।

... और फिर एलबर्ट ज़यूरिख में इत्ह की प्रवेश परीक्षा में बुरी तरह फेल होता है।

तुम फ्रेंच, अंग्रेजी, जीवशास्त्र और वनस्पतिशास्त्र में फेल हुए हो।

वो आरू में सी. आंतोनल स्कूल में दाखिल होता है और वहां से 1896 में स्नातक की डिग्री प्राप्त करता है।

मुख्य समस्या यांत्रिकी और विद्युत-चुम्बकत्व के एकीकरण की है।

पांच साल ज़यूरिख में बिताने के बाद उसे अपने दोस्त - मार्सल ग्रोसमैन की सिफारिश के कारण बर्न में एक नौकरी मिलती है।

क्या यही पेटेंट दफ्तर है?

अरे बाप! यही वो नया छोकरा होगा।

1801

अल्बर्ट अपने दोस्त माईक बेसो के साथ भौतिकी पर चर्चा करता था।

देखो माईक, न्यूटन के अनुसार प्रकाश की गति स्रोत की गति से मुक्त है...

सही!

और कॉफी लाना?

हां

परंतु हमें यह प्रभाव दिखाई नहीं देता है, क्यों?

एकदम सही!

माईकिलसन

मोरले

इसलिए न्यूटन के मत गलत हैं!

हां... लेकिन क्या?

वेटर! और कॉफी!

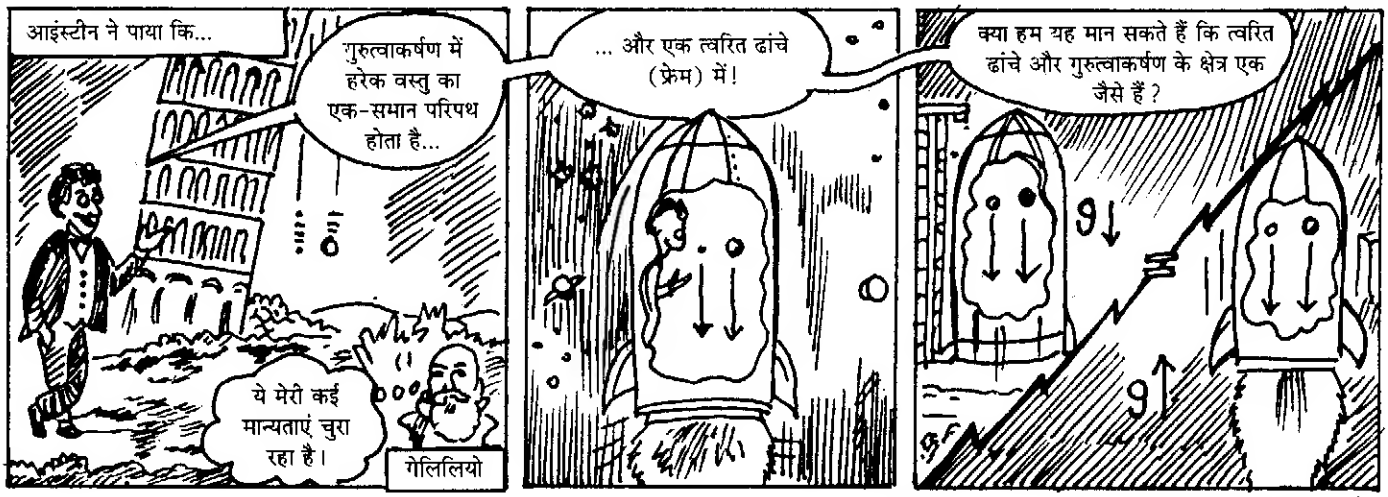
"प्रकाश की गति, स्रोत की गति से मुक्त होती है"

गति = C

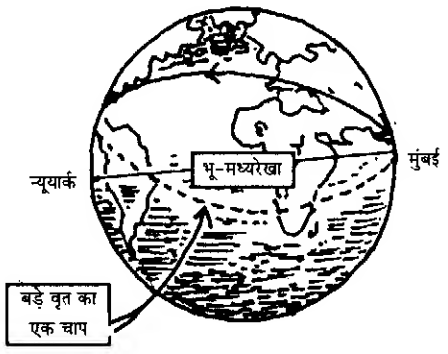
गति = C

अल्बर्ट का यह भी मानना था कि भौतिकी के नियम इस बात में फर्क नहीं करते कि वस्तु स्थिर है या फिर वो एक-समान गति से चल रही है।
आइंस्टीन
"हम सापेक्षता के विचार को एक संकल्पना का दर्जा देंगे...."
ज़रा चर्च से बचकर रहना!
गेलिलियो
यह मालूम होने पर क्या होगा?
अब मैं कई चीजें प्रमाणित कर सकता हूं।
पहली बात तो यह है कि समय का बहाव सापेक्षिक है।
मुझे यह नापसंद है!
हां! यहूदी लड़का है।
प्रकाश की एक किरण से समय मापो।
मिला प्रकाश
प्रतिबिंबित प्रकाश
विकिरित प्रकाश
L
भिन्न प्रेक्षकों के अनुसार प्रकाश अलग-अलग दूरियां तय करेगा।
दूरी = 2 L
ट्रक में आदमी
L
L
प्रकाश ने 2 L से अधिक दूरी तय की है।
कुछ समझ में नहीं आया — विभिन्न दूरियां, और C एक ही, साथ में घड़ियों की भी गतियां अलग-अलग !
गणना से पता चलता है....
$t = \frac{t'}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$
t = सड़क पर आदमी के लिए गुजरा समय
t ' = ट्रक में बैठे आदमी के लिए गुजरा समय
v = ट्रक की गति
समय, समान गति से, बिना किसी अन्य चीज से संबंध रखे, चलता है। - न्यूटन
इन पागलपन की समीकरणों को छोड़ो और असली तथ्य बताओ!
हां, हां, अपनी सोचने वाली टोपी पहनो।
अल्बर्ट कई अन्य सरल निष्कर्षों पर पहुंचा: (1) समकालिकता सापेक्ष है।
सभी एक समय पर दौड़ शुरू करें।
समकालिक, वाह?
(2) गति में बढ़त अलग होगी और....
$u = \frac{V_1 + V_2}{\left(1 + \frac{V_1 V_2}{c^2}\right)}$
$u = V_1 + V_1$
आइंस्टीन
न्यूटन
$V_1 = C$
$V_2 = C$
ज़रा देखूं कि यह प्रकाश कितना तेज़ है?
$u = \frac{c+c}{1+\frac{c}{c}\frac{c}{c}} = c$
बढ़िया!
(3) E = mc²
$A = mc^2$
$B = mc^2$
$C = mc^2$
$D = mc^2$
$E = mc^2$
दुनिया का सबसे मशहूर सूत्र!
परंतु अल्बर्ट इससे पूरी तरह संतुष्ट नहीं था।
यह अभी भी संपूर्ण नहीं है। एक-समान (यूनिफार्म) गति ही क्यों?

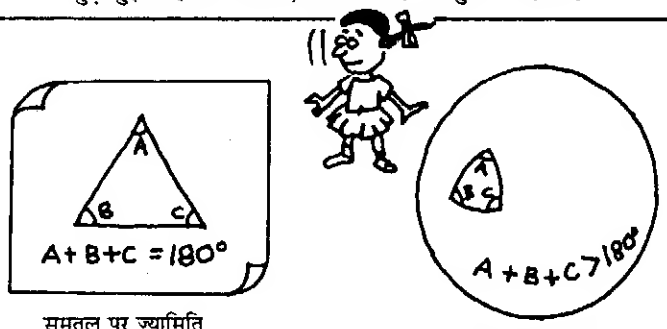
एक-समान (यूनीफार्म) गति से असंतुष्ट होकर, आइंस्टीन ने रचना को और व्यापक बनाया। इससे तब तक की सबसे सुंदर व्याख्या उभर कर सामने आई।



.... लंबा होगा, ग्लोब के सीधे पथ की तुलना में।



मुड़ी हुई सतह की ज्यामिति, समतल सतह से बहुत भिन्न होती है।

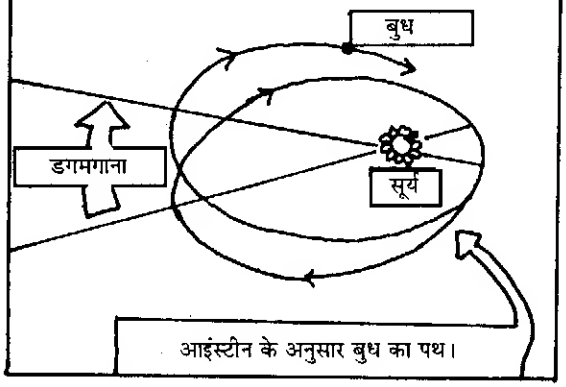


समतल पर ज्यामिति

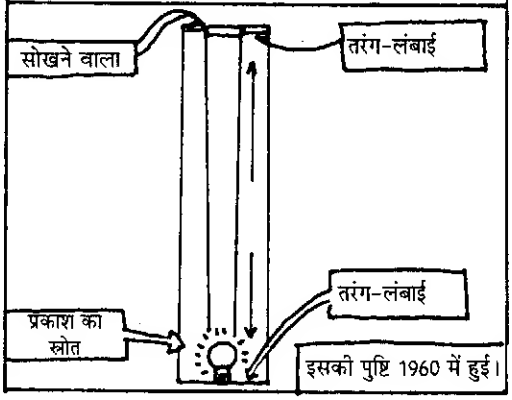
गेंद पर ज्यामिति

मुड़े हुए स्थान-समय की ज्यामिति का उपयोग कर आइंस्टीन ने, अपने गुरुत्वाकर्षण के सिद्धांतों के परिणामों को दर्ज किया।

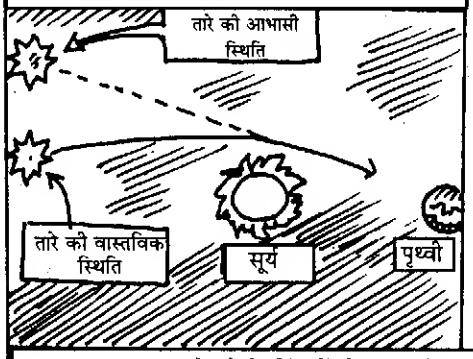
1. वो बुध ग्रह के डगमगाने(प्रीसेशन) को समझा पाया।

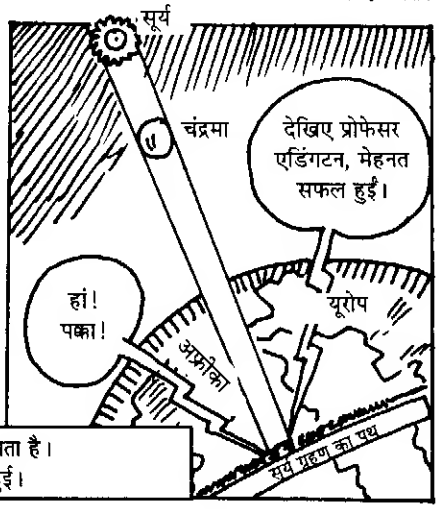


2. गुरुत्व के क्षेत्र में, प्रकाश की तरंग-लंबाई लाल की ओर झुकती है।



3. प्रकाश की किरणें यात्रा करते समय सूर्य की ओर मुड़ती हैं...



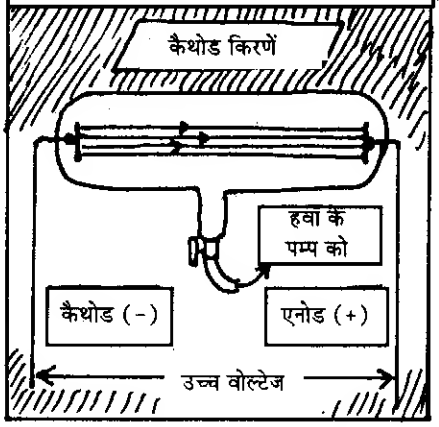


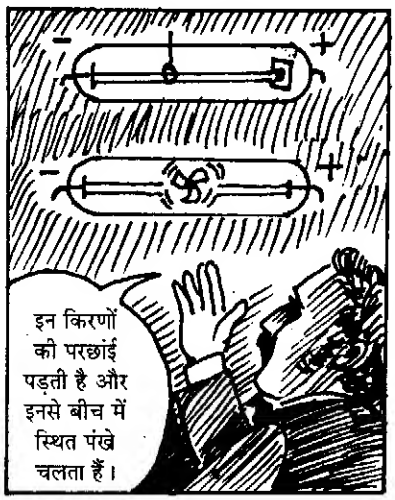
.... इससे तारे के बिंब में थोड़ा सा अंतर आता है।
इसकी पुष्टि 1919 के सूर्य ग्रहण के दौरान हुई।

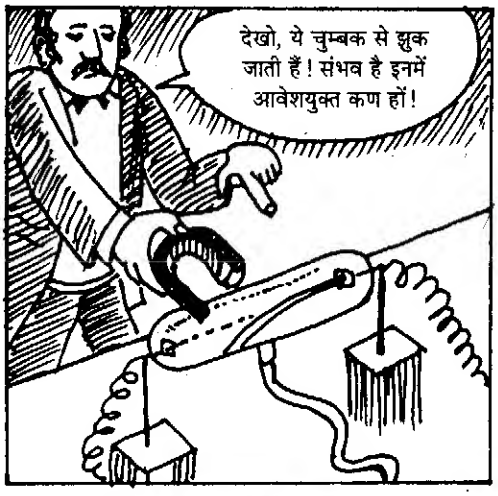
तारे के फोटोग्राफ्स से सिद्धांत की पूरी तरह पुष्टि हुई।

न्यूटन के बाद शायद ही किसी एक इंसान को इतनी शोहरत और सम्मान मिला हो।

सौभाग्यवश, आइंस्टीन अपनी मृत्यु तक एक अच्छे इंसान बने रहे।



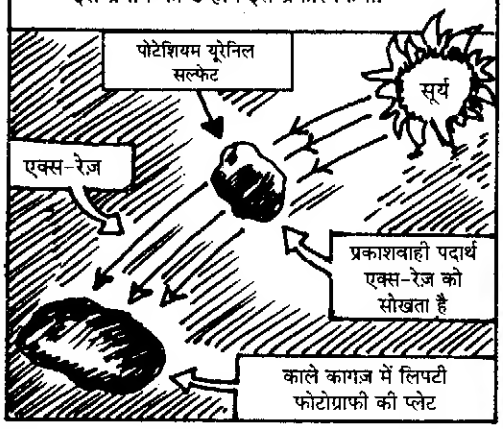




जहां एक ओर सापेक्षता की क्रांति प्रगति पथ पर थी, वहीं पर दूसरी ओर वैज्ञानिक पदार्थ का ढांचा जानने की कोशिश में थे। शुरुआत में थे....
....सर विलियम क्रुक्स (1832-1919)
देखो, वो है!
उच्च वोल्टेज
उन्हें एक निर्वात-नली के कैथोड में से तेज़ गति से निकलती कुछ किरणें दिखाई पड़ीं...
कैथोड किरणें
हवा के पम्प को
कैथोड (-)
एनोड (+)
उच्च वोल्टेज
इन किरणों की परछांई पड़ती है और इनसे बीच में स्थित पंखे चलता हैं।
क्या ये विद्युत-चुम्बकीय किरणें हो सकती हैं?
हां, इसे मालूम करने का एक सरल तरीका है।
देखो, ये चुम्बक से झुक जाती हैं! संभव है इनमें आवेशयुक्त कण हों!
दो दशकों के बाद, जे.जे. थॉमसन (1856-1940) ने इन कणों का भार ज्ञात किया।
देखो! इनका भार हाईड्रोजन अणु के भार का (1/1837) है।
.... इससे अणुओं से भी छोटे कणों की दुनिया खुल गई।
इस बीच क्रुक्स का ट्यूब तमाम आश्चर्यजनक करतबें दिखा रहा था।
मैं इसे काले कपड़े में लपेटकर देखता हूं।
डब्लू. के. रोन्टजेन (1845-1923)
अरे? यह प्रकाशवाही कागज क्यों चमक रहा है?!
तमाम वैज्ञानिक परीक्षणों और प्रयोगों के बाद ही रोन्टजेन इस प्रश्न का सही उत्तर दे पाया।
यह कुछ नई किरणें हैं जो किसी भी पदार्थ को भेद कर आरपार जा सकती हैं।
"एक्स-रेज़"
यकीन मानिए इस कपड़े से एक्स-रे आरपार नहीं निकल सकतीं!
कपड़ा दुकान

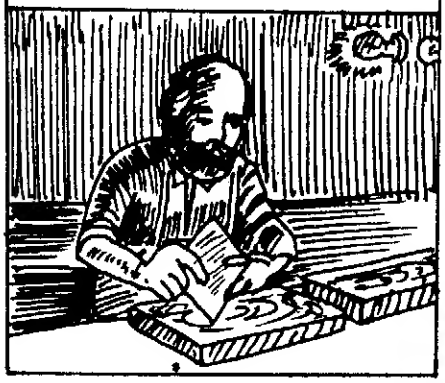
एक्स-रेज़ की पूरी तरह जांच-पड़ताल की गई।
फ्रेंच भौतिकशास्त्री ए. एच. बेक्विरिल ने प्रकाशवाही (ल्यूमनिसेंट) पदार्थों से निकले वाली एक्स-रेज़ का अध्ययन किया।

इस प्रयोग को उन्होंने इस प्रकार किया:



फिर एक दिन आसमान में बदली छाई ....

अभी प्लेट सूर्य की किरणों के सम्पर्क में नहीं आई थी फिर भी उन्होंने उसे विकसित किया।

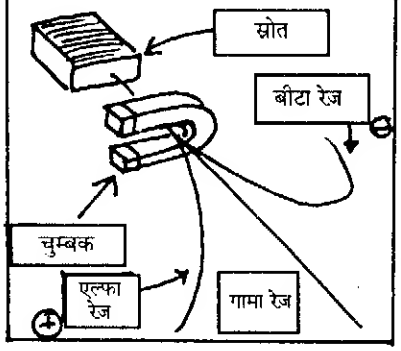


इससे बेक्विरिल एक असाधारण निष्कर्ष पर पहुंचे।

इस विचार पर क्यूरी परिवार ने आगे काम किया।

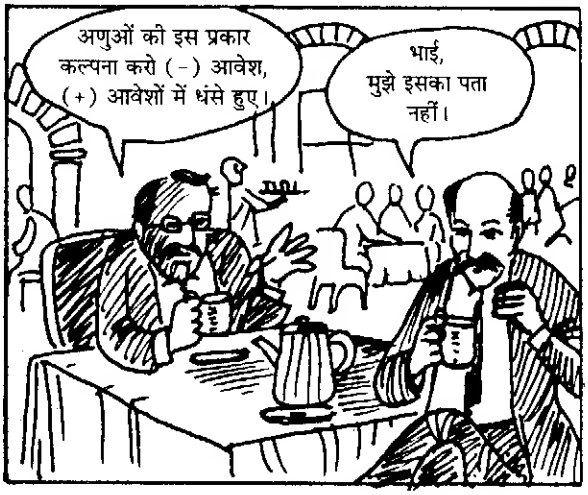
इसका उत्तर अचरज भरा था।

तीन प्रकार के विकिरण होते हैं - एल्फा, बीटा और गामा।



सालों की अथक मेहनत के बाद वो एक सशक्त रेडियोधर्मी स्रोत - रेडियम को अलग कर पाए।

रेडियोधर्मिता से पदार्थ विज्ञान को, एक नया आयाम मिला।



थॉमसन के आणविक मॉडल में, दोनों ऋण और धन आवेश एक साथ थे।

जैसे किसी तरबूज में बीज होते हैं....

जे.जे. थॉमसन

ई. रदरफोर्ड

(+)आवेश

(-)आवेश उसमें चिपके हुए

थॉमसन का आणविक मॉडल

इसके परीक्षण का कोई तरीका अवश्य होगा?

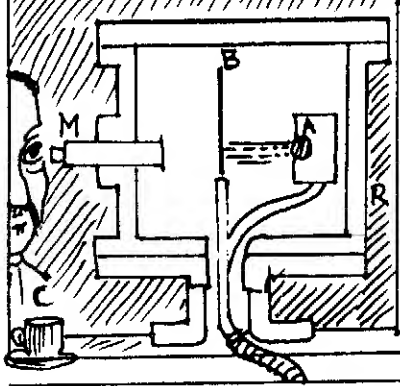
अगर मैं अणु को एक एल्फा कण से मारूं तो....

.... एल्फा कण का छिटका हुआ पथ मुझे अणु के बारे में जरूर कुछ बताएगा...

POK!

थॉमसन के अणु ने एल्फा कण के साथ ऐसा कुछ भी नहीं किया।

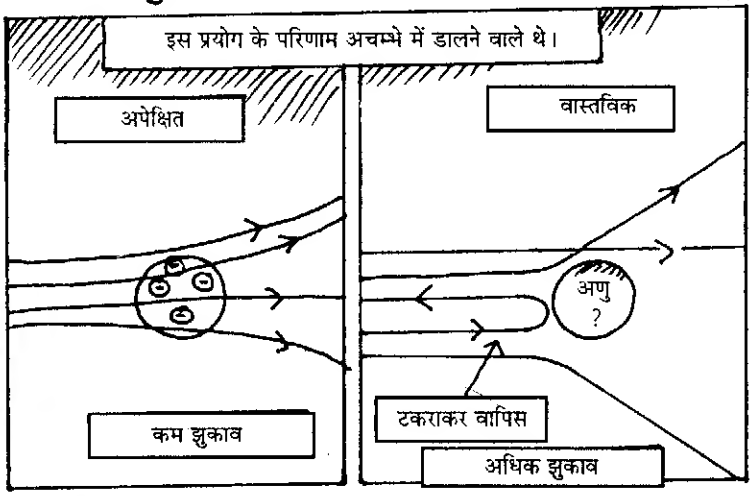
रदरफोर्ड ने धातु की पत्री (फॉयल) से, एल्फा कणों के छिटकने का अध्ययन किया।



पागल करने वाली सूची

A: एल्फा कणों का स्रोत
B: धातु की पत्री
S: चमकता हुआ पर्दा
M: सूक्ष्मदर्शी
R: घूमने वाली कोटर (कैविटी)
C: कॉफी

इस प्रयोग के परिणाम अचम्भे में डालने वाले थे।



प्रश्न: अणुओं के किस मॉडल से इस प्रकार के छिटकने को समझाया जा सकता है? उत्तर:

आर.सी. फाउलर

मैं इसकी सैद्धांतिक गणना कर सकता हूं समझे!

सिद्धांत? छोड़ो!

चलो! करके दिखाओ।

अच्छा, देखो यह रहा!

(-)आवेश कक्षा में

(+) आवेश केंद्र में

अच्छा! बहुत अच्छा! एकदम ग्रहों जैसा।

नहीं! मुझे यह कोई खास जंच नहीं रहा है।

एन. बोहर (1885-1962)

इलेक्ट्रान

नाभिक

प्रकाश

क्योंकि एक चक्कर खाता इलेक्ट्रान ऊर्जा विकिरित करेगा इसलिए वो धीरे-धीरे करके केन्द्र में जाकर गिरेगा।

इसका मतलब, हमारे नियमों के अनुसार अणु हो ही नहीं सकते!

चलो, फिर हम इन नियमों को ही बदलें।

बोहर ने किस तरह नियम बदले यह जानने के लिए हमें कुछ वर्ष पहले जाना होगा। एक इंसान उस समय, इन नियमों के साथ खेल रहा था।

E

सैद्धांतिक

वास्तविक

एम. प्लैंक (1858-1947)

हमारे नियम किसी कोटर (कैविटी) में विकिरण को नहीं समझा सकते। चलो, मैं नियम ही बदलता हूं।

''विकिरित ऊर्जा को केवल छोटी-छोटी इकाईयों - क्वांटा में ही सोखा या प्रसारित किया जा सकता है।''

प्लैंक ने एक नया स्थिरांक जोड़ा।

एक क्वांटा की उर्जा = h x आवृत्ति

h= 6.6 x 10^{-27} अर्ग . सेकंड

ये क्वांटा असल में क्या हैं?

मुझे नहीं पता!

पर इस सबके बावजूद क्वांटा कई बातों को समझाने में सक्षम थे ....

शायद विकिरण खुद भी क्वांटा में ही होता है।

अभी-अभी दिख रहा था और अभी गायब।

..... जैसा कि ''फोटोइलैक्ट्रिक प्रभाव'' में होता है।

शास्त्रीय सिद्धांत: E तीव्रता

क्वांटम सिद्धांत: E आवृत्ति

प्रकाश

धातु

आवृत्ति f

E ऊर्जा वाले इलेक्ट्रान

इस सबने बोहर को सोचने के लिए मज़बूर किया.....

अगर विकिरण की ऊर्जा को क्वांटा में बांटा जाता है ...

...तो अणुओं के अंदर इलेक्ट्रानों की ऊर्जा को क्यों नहीं?

नील्स बोहर ने अपने मत को क्रियान्वित करने के लिए अपने कई प्रिय सिद्धांतों की तिलांजिलि दी।

इलेक्ट्रान सभी दूरियों पर नहीं घूम सकते हैं।

इलेक्ट्रान

नाभिक

नहीं! मैंने कहा कि इसकी अनुमति नहीं है।

त्वरित होने के बाद भी, एक निश्चित कक्षा में होने के कारण उनसे विकिरण नहीं हो सकता।

ओह!

मुझमें उस कक्षा के लिए बहुत अधिक ऊर्जा है।

इलेक्ट्रांस तभी विकिरण करते हैं जब वे एक कक्षा से दूसरी कक्षा में कूदते हैं।

अब मुझे केवल इन अनुमति प्राप्त कक्षाओं को निश्चित करना है।

यूरेका! कोणीय संवेग भी क्वांटा में बंट गया है।

यह किस प्रकार का संवेग है?

m = भार
v = वेग
r = त्रिज्या

गोल कक्षा के लिए केवल
$m \times v \times r = j$

बोहर अब अनुमति प्राप्त कक्षाओं पर लेबिल चिपका सकता था...

$mvr = n\left(\frac{h}{2\pi}\right)$

जहां n = 1,2,3,4....

... और फिर कक्षाओं की ऊर्जा की गणना कर सकता था।

$E_n = \frac{-13.6 ev}{n^2}$

$n=1 E_1$

$n=2 E_2$

क्योंकि ऊर्जा और प्रकाश की आवृत्ति का संबंध इस प्रकार है:
$e = h \times f$

एकदम ठीक!

मैं सहमत हूं!

आइंस्टीन

प्लैंक

....एक कक्षा से दूसरी कक्षा में कूदते इलेक्ट्रान कुछ निश्चित आवृत्तियां प्रसारित करेंगे जिनकी मैं आसानी से गणना कर सकता हूं!

सच में?

सच्ची! असल में अवलोकन और सिद्धांत दोनों एक-दूसरे से मिलते हैं।

आगे जो जटिलताएं आईं उनसे समझ और बेहतर बनी। सबसे पहले *सोमरफील्ड* ने अंडाकार कक्षाओं का सुझाव दिया।

समान ऊर्जा की कक्षाएं - गोल और अंडाकार, दानों हो सकती हैं।

एम. सोमरफील्ड (1868–1951)

सूर्य

एकदम सही! यह मैंने पहले ही कहा था।

EARTH

केप्लर

$n = 1$ के लिए एक गोल कक्षा, $n = 2$ के लिए एक गोल और तीन अंडाकार कक्षाएं....

और फिर आया पौली का बहिष्कार (एक्सक्लूज़न) का सिद्धांत:

तुम एक कक्षा में दो से अधिक इलेक्ट्रान नहीं रख सकते।

क्यों?

क्योंकि तीन से बड़ी भीड़ हो जाएगी! और ...

डब्लू. पौली (1900–1958)

...मैं इस नियम से "पीरियॉडिक टेबिल" को बेहतर तरीके से समझा सकता हूं।

Periodic Table of the Elements

पौली ने इसे सच में किया।

परंतु यह सब अस्थाई जुगाड़े हैं!

ये कक्षाएं असल में हैं क्या?

हां, पर फिर ये काम क्यों करती हैं?

इनका सही उत्तर मिलने में कुछ और वक्त लगा।

क्या तरंगे और कणों में इतना फर्क है?

एल. डीब्राग्ली

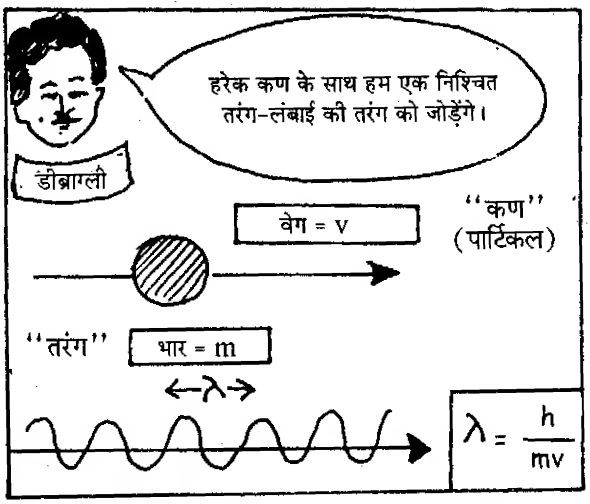
विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के कणों जैसे गुणधर्म होते हैं।

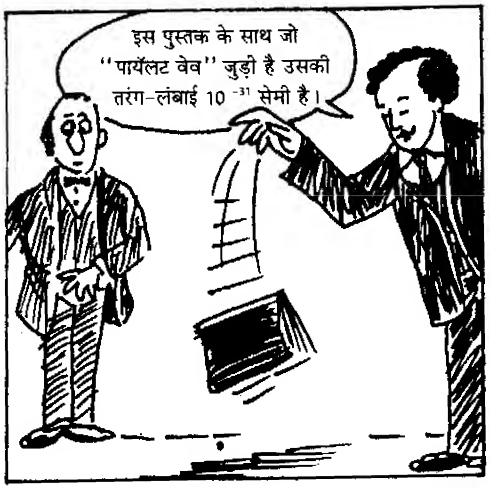
तो फिर कणों के गुणधर्म तरंगों के समान क्यों नहीं हो सकते?

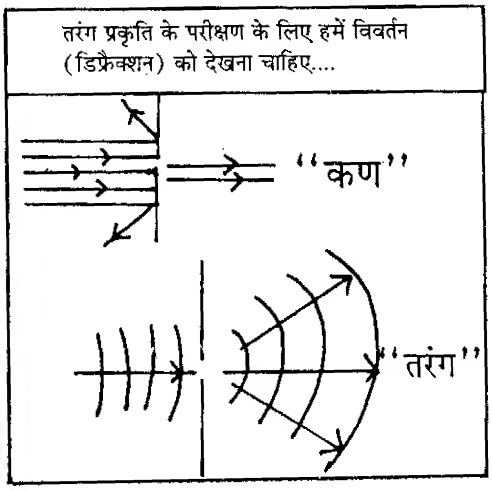
एक "पायॅलट वेव" को अगर इलेक्ट्रान के साथ जोड़ा जाए तो बोहर के मत को "समझाया" जा सकता है।

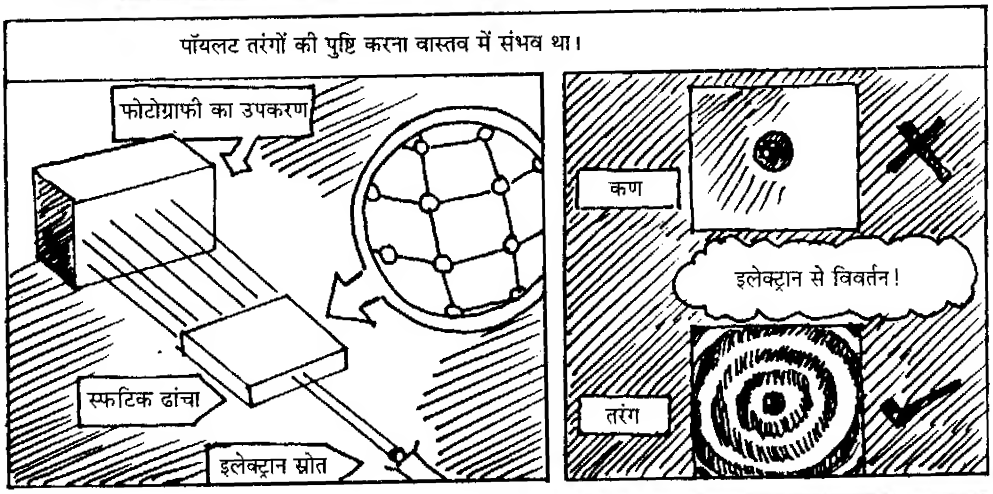
पायॅलट वेव?

डीब्राग्ली ने अपनी कलम के एक वार से कणों और तरंगों की दूरी को मिटा दिया ।

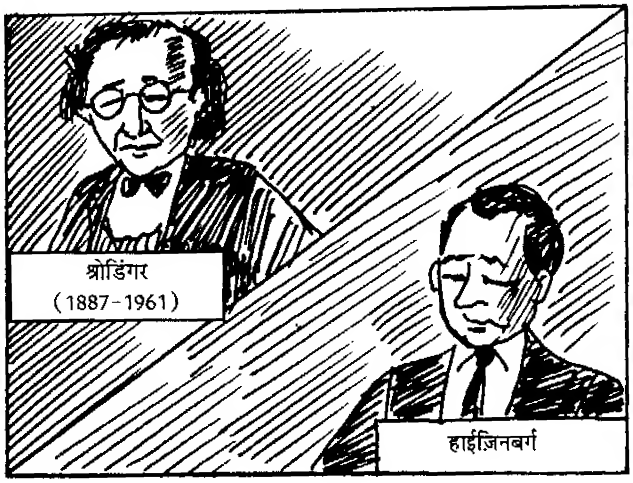








पॉयलट वेव के एक सतही विचार से तरंग-यांत्रिकी की संपूर्ण संकल्पना एक बहुत ही जटिल कार्य था। इसमें मुख्य योगदान था:



.... अब इसके द्वारा, अणुओं के वर्णक्रमों की, विस्तृत तुलना करना संभव था।

ये निठल्ले लोग अब उम्दा काम कर रहे हैं।

परंतु कुछ परेशान करने वाले सवाल फिर भी बने रहे।

आइंस्टीन

श्रोडिंगर

यह पॉयलट वेव क्या होती है

हाईजनबर्ग

बोहर

इससे आवेश का घनत्व पता चलता है।

बकवास! इससे संभावना का घनत्व पता चलता है।

किसका घनत्व ...सम....भावना !!

पासा फेंकने पर, कौन सा नंबर ऊपर आएगा यह तो पता नहीं होता।

परंतु किसी नंबर, मानलो 2 के आने की संभावना 1/6 होगी।

इसी प्रकार, हमें यह नहीं पता कि अणु में इलेक्ट्रान कहां होगा। हम केवल अनुमान लगा सकते हैं..

किसी स्थान पर इलेक्ट्रान को पकड़ने की संभावना का।

संभावना

दूरी

बिल्कुल पासे की तरह, देखा!

मेरे दोस्त बोहर! भगवान पासे से नहीं खेलता।

अच्छा, भगवान को सुझाव देना बंद करो।

क्वांटम थ्योरी के कठिन सिद्धांत, धीरे-धीरे करके कुछ कार्यकाजी नियमों में बदले। इसके मूल में थी अनिश्चितता की संकल्पना।

अगर आपको पता हो कि इलेक्ट्रान कहां है तो आपको यह नहीं पता होगा कि वो कहां जा रहा है।

बस स्टाप

यह तो बिल्कुल पब्लिक बसों जैसी बात है।

पर इसमें अभी भी एक समस्या है।

इसका अभी भी सापेक्षता के विशेष सिद्धांत से मेल नहीं मिलता।

यह दरअसल सब गलत है।

पी.ए.एम.डिरैक ने समीकरणों को इस प्रकार बदला जिससे वे सापेक्षता से मेल खाएं।

यह पहले से बेहतर हैं, लेकिन....

पी.ए.एम.डिरैक (1902

...इनमें अभी भी काफी संख्या में ऋणात्मक ऊर्जा की स्थितियां हैं।

E_1

mc^2

शून्य उर्जा

$-mc^2$

$-E_1$

इससे काम नहीं बनेगा।

mc^2

0

mc^2

तब कण ऋणात्मक ऊर्जा के समुद्र में डूबता ही चला जाएगा।

डिराक के पास इसका एक बहुत ही चतुर हल था।

कल्पना करो कि सभी ऋणात्मक ऊर्जा स्थितियां भरी हुई हैं।

तुम नीचे नहीं आ सकते, यहां "हाउस-फुल" है।

कोई बात नहीं, तो मैं ऊपर चला....

ऋणात्मक उर्जा इलेक्ट्रान का समुद्र

इसमें बहुत ऊर्जा लगती है, परंतु इसे किया जा सकता है...

तुम्हें देख कर अच्छा लगा!

GRRR!

यह "छेद" एक घन आवेश का इलेक्ट्रान, यानि एंटी-इलेक्ट्रान जैसा लगेगा।

भौतिकशास्त्रियों को यह बात कुछ खास पसंद नहीं आई...

डिराक के छेद! हो! हो! उनमें कुछ दम नहीं है!

डब्लू. पौली

... परंतु प्रकृति इस सबकी कोई परवाह नहीं थी!

पी.एम. ब्लैकिट

LAB

मैंने प्रयोगशाला में एंटी-इलेक्ट्रान को देखा है।

मैंने भी! मैंने भी!

जी.डी. एंडरसन

अब हम जानते हैं कि प्रत्येक कण का एक (विपरीत) एंटी-कण होता है।

हां! मैं उसपर ही आ रहा था!

यह सब क्या बला है?!

इलेक्ट्रान / एंटी-इलेक्ट्रान
प्रोटोन / एंटी-प्रोटॉन
न्यूट्रान

अभी भी नाभिक (न्यूक्लियस) के साथ कुछ दिक्कत थी...

हीलियम के नाभिक में प्रोटॉन का दुगना आवेश है परंतु उसका भार चौगुना है।

बोहर

उसमें 2 प्रोटॉन और 2 इलेक्ट्रान डालो!

रदरफोर्ड

नाभिक एकदम "शुद्ध" होना चाहिए। उसमें केवल एक इलेक्ट्रान और प्रोटॉन होना चाहिए।

और जिसमें कोई भी इलेक्ट्रान चक्कर नहीं लगा रहा हो।

एल्फा कण

बेरेलियम

उदासीन विकीरण

मुझे लगता है कि मुझे न्यूट्रान मिला है।

जे. चैडविक

न्यूट्रान का एक और प्रमाण मिला। नाईट्रोजन परमाणु के वर्णक्रम में एक मुक्त कण - एक न्यूट्रान निकला।

देखो! इस वर्णक्रम को नाईट्रोजन के नाभिक की जरूरत है - तभी उसमें सम संख्या के कण होंगे।

डब्लू. हाईटलर

जी. हाईज़िनबर्ग

नाईट्रोजन
भार 14
आणविक संख्या 7

देखो! नाभिक में न्यूट्रान से अवश्य मदद मिलेगी।

नाईट्रोजन का नाभिक

14 प्रोटॉन
7 इलेक्ट्रान
21 कण

7 प्रोटॉन
7 न्यूट्रान
14 कण

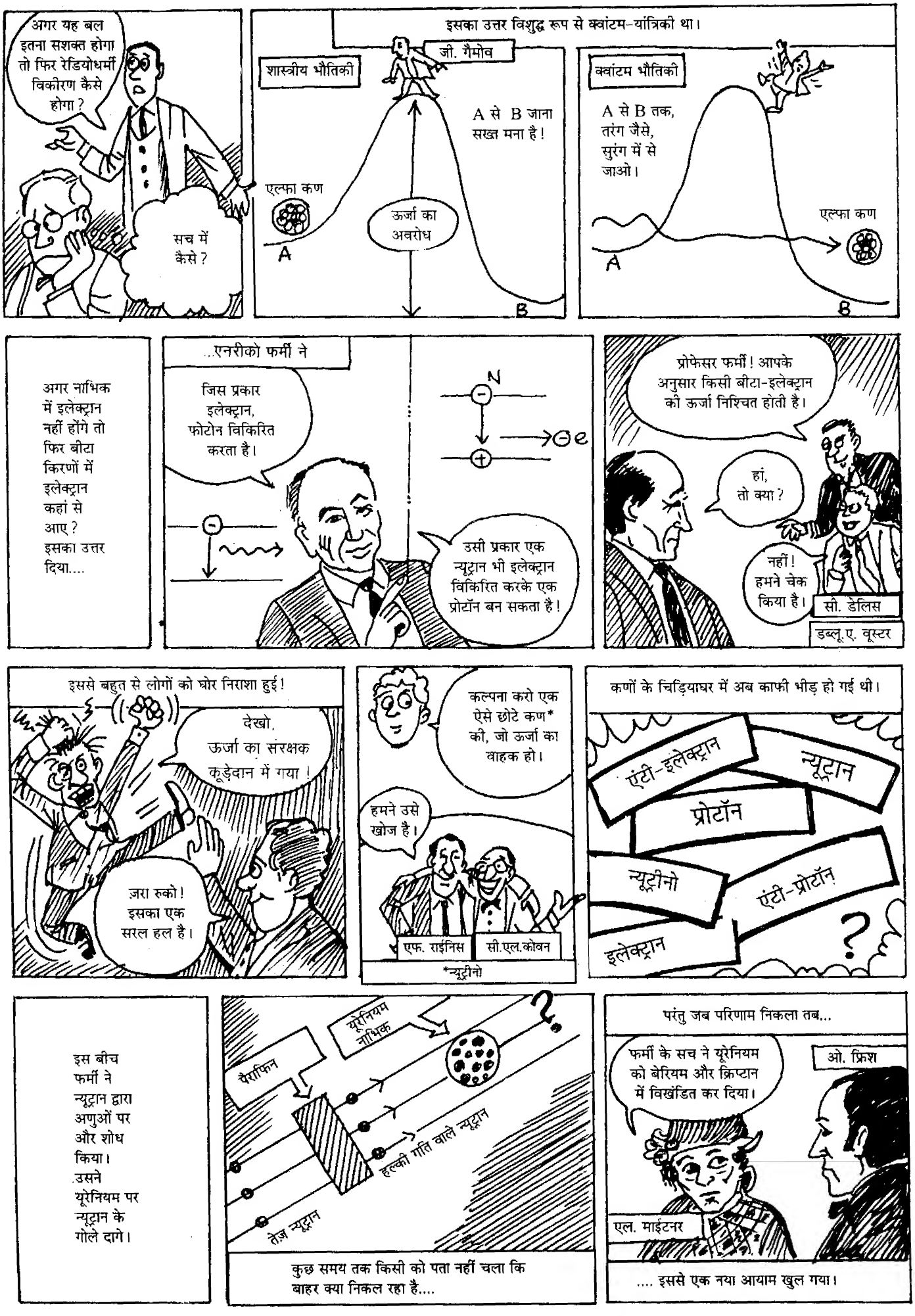
इससे भी समस्या पूरी तरह सुलझी नहीं:

नाभिक

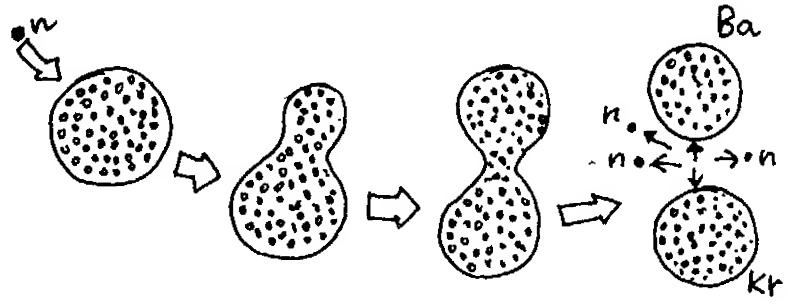
प्रोटॉन + न्यूट्रान

देखो! अगर नाभिक में केवल घन आवेश होगा तो उसे कौन पकड़ कर रखेगा?

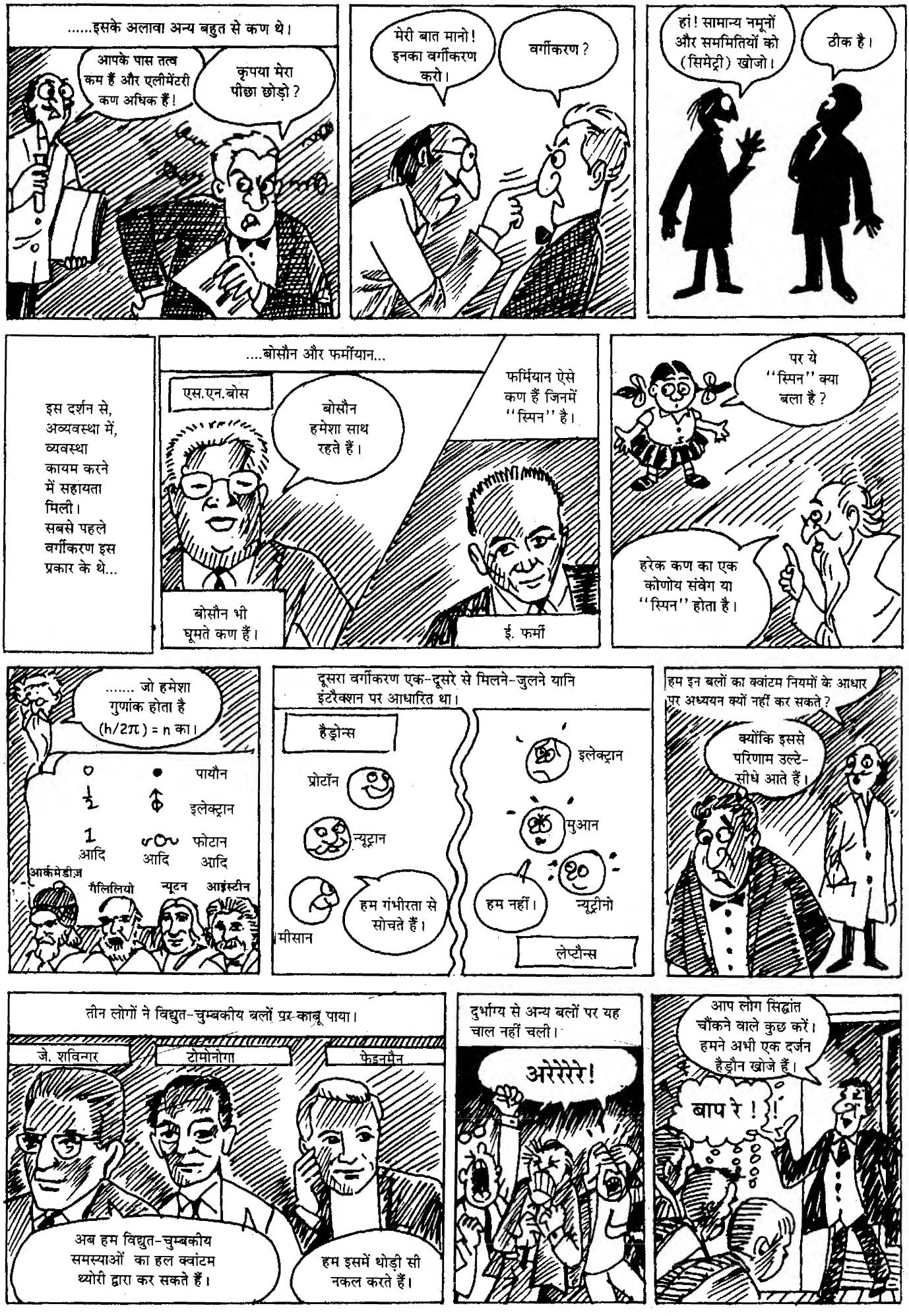
कोई अज्ञात सशक्त बल, शायद।



अगर यह बल इतना सशक्त होगा तो फिर रेडियोधर्मी विकीरण कैसे होगा ?
सच में कैसे ?
इसका उत्तर विशुद्ध रूप से क्वांटम-यांत्रिकी था।
जी. गैमोव
शास्त्रीय भौतिकी
A से B जाना सख्त मना है !
एल्फा कण
ऊर्जा का अवरोध
A
B
क्वांटम भौतिकी
A से B तक, तरंग जैसे, सुरंग में से जाओ।
एल्फा कण
A
B
अगर नाभिक में इलेक्ट्रान नहीं होंगे तो फिर बीटा किरणों में इलेक्ट्रान कहां से आए ? इसका उत्तर दिया....
..एनरीको फर्मी ने
जिस प्रकार इलेक्ट्रान, फोटोन विकिरित करता है।
N
e
उसी प्रकार एक न्यूट्रान भी इलेक्ट्रान विकिरित करके एक प्रोटॉन बन सकता है !
प्रोफेसर फर्मी ! आपके अनुसार किसी बीटा-इलेक्ट्रान की ऊर्जा निश्चित होती है।
हां, तो क्या ?
नहीं ! हमने चेक किया है।
सी. डेलिस
डब्लू.ए. वूस्टर
इससे बहुत से लोगों को घोर निराशा हुई !
देखो, ऊर्जा का संरक्षक कूड़ेदान में गया !
ज़रा रुको ! इसका एक सरल हल है।
कल्पना करो एक ऐसे छोटे कण* की, जो ऊर्जा का वाहक हो।
हमने उसे खोज है।
एफ. राईनिस
सी.एल.कोवन
*न्यूट्रीनो
कणों के चिड़ियाघर में अब काफी भीड़ हो गई थी।
एंटी-इलेक्ट्रान
न्यूट्रान
प्रोटॉन
न्यूट्रीनो
एंटी-प्रोटॉन
इलेक्ट्रान
?
इस बीच फर्मी ने न्यूट्रान द्वारा अणुओं पर और शोध किया। उसने यूरेनियम पर न्यूट्रान के गोले दागे।
यूरेनियम नाभिक
पैराफिन
हल्की गति वाले न्यूट्रान
तेज न्यूट्रान
?
कुछ समय तक किसी को पता नहीं चला कि बाहर क्या निकल रहा है....
परंतु जब परिणाम निकला तब...
फर्मी के सच ने यूरेनियम को बेरियम और क्रिप्टान में विखंडित कर दिया।
ओ. फ्रिश
एल. माईटनर
.... इससे एक नया आयाम खुल गया।



दिसम्बर 1938
फर्मी ने सच में अणु को विखंडित कर दिया था।
फ्रिश
माईटनर
यह प्रक्रिया कुछ-कुछ इस प्रकार की थी।
n
Ba
n
n
n
Kr
अगर बाहर निकलने वाले न्यूट्रान विखंडन (फिशन) करते हैं तो हमारे पास एक दैत्यकार ऊर्जा का स्रोत होगा। (और साथ में एक धमाका भी!)
बोहर
फर्मी
विगनर
ज़िलार्ड
टेलर
हाईज़नबर्ग
ऑटो हान
कपित्ज़ा
लेन्डाऊ
साखारोव
अमरीका
जर्मनी
रूस
इसके भयानक परिणाम से तो सारी दुनिया अच्छी तरह वाकिफ है।
कुछ अजीब सा लग रहा था जैसे यह घटना होकर ही रहेगी।
इस बीच में शुद्ध भौतिकी आगे बढ़ी।
कोई बहुत सशक्त बल, प्रोटॉन को नाभिक में पकड़े रखता होगा।
एच.यूकावा (1907-1981)
जिस प्रकार विद्युत-चुम्बकीय बल का कारण, फोटान्स की अदला-बदली है....
इलेक्ट्रान
फोटान
इलेक्ट्रान
जार्ज गैमाव द्वारा दी गई एक उपमा।
....यह सशक्त बल एक "मीसान" की अदला-बदली के कारण है।
भार m
मीसान
प्रोटॉन
प्रोटॉन
अनुमानित: m = 1/7 प्रोटॉन का भार।
शुरू में कुछ गल्तियों के बाद इस कण को आखिर 1947 में खोज निकाला गया।
नोबेल पुरस्कार विजेता
1950
सी.पॉवेल
1949
पहले जापानी नोबेल पुरस्कार विजेता एच. युकावा
भौतिकशास्त्रियों को अब चार अलग-अलग बलों के बारे में पता था।
ताकतवर
नाभिक को पकड़े रखते हैं
कमजोर
इनसे बीटा कणों का क्षय होता है
विद्युत-चुम्बकीय
ये अणुओं को पकड़कर रखते हैं
गुरुत्वाकर्षण
भौतिकशास्त्रियों को उड़ने से रोकती है



......इसके अलावा अन्य बहुत से कण थे।
आपके पास तत्व कम हैं और एलीमेंटरी कण अधिक हैं!
कृपया मेरा पीछा छोड़ो ?
मेरी बात मानो! इनका वर्गीकरण करो।
वर्गीकरण ?
हां! सामान्य नमूनों और सममितियों को (सिमेट्री) खोजो।
ठीक है।
इस दर्शन से, अव्यवस्था में, व्यवस्था कायम करने में सहायता मिली। सबसे पहले वर्गीकरण इस प्रकार के थे...
....बोसौन और फर्मीयान...
एस.एन.बोस
बोसौन हमेशा साथ रहते हैं।
बोसौन भी घूमते कण हैं।
फर्मियान ऐसे कण हैं जिनमें "स्पिन" है।
ई. फर्मी
पर ये "स्पिन" क्या बला है ?
हरेक कण का एक कोणोय संवेग या "स्पिन" होता है।
.... जो हमेशा गुणांक होता है (h/2π) = n का।
0
पायौन
½
इलेक्ट्रान
1
फोटान
आदि
आदि
आदि
आर्कमेडीज़
गैलिलियो
न्यूटन
आइंस्टीन
दूसरा वर्गीकरण एक-दूसरे से मिलने-जुलने यानि इंटरैक्शन पर आधारित था।
हैड्रोन्स
प्रोटॉन
न्यूट्रान
मीसान
हम गंभीरता से सोचते हैं।
इलेक्ट्रान
मुआन
हम नहीं।
न्यूट्रीनो
लेप्टौन्स
हम इन बलों का क्वांटम नियमों के आधार पर अध्ययन क्यों नहीं कर सकते ?
क्योंकि इससे परिणाम उल्टे-सीधे आते हैं।
तीन लोगों ने विद्युत-चुम्बकीय बलों पर काबू पाया।
जे. शविनार
टोमोनोगा
फेइनमैन
अब हम विद्युत-चुम्बकीय समस्याओं का हल क्वांटम थ्योरी द्वारा कर सकते हैं।
हम इसमें थोड़ी सी नकल करते हैं।
दुर्भाग्य से अन्य बलों पर यह चाल नहीं चली।
अरेरेरेरे!
आप लोग सिद्धांत चौंकने वाले कुछ करें। हमने अभी एक दर्जन हैड्रौन खोजे हैं।
बाप रे ! !

हैड्रौन को क्रम में लगाने का पहला कदम दो लोगों ने उठाया - एम. जेलमैन और वाय. नीमैन ने।

आप ग्रुप-थ्योरी का उपयोग कर, हैड्रौन्स को एक नमूने में सजा सकते हैं।

नीमैन

इन नमूनों के लिए बेहद जरूरी था कि एक नए कण का जन्म हो।

ओमेगा Ω

भार लगभग 1.6 प्रोटॉन का भार।

....इस कण - ओमेगा को जल्द ही खोज निकाला गया।

सी ई आर एन (जिनेवा)

ब्रुकहेविन (अमरीका)

1963

यह नमूना लगभग मेंडलीव के पीरियाडिक टेबिल के समान है।

जेलमैन

परंतु हम पीरियाडिक टेबिल को अणु के ढांचे से शुरू करके नहीं समझ सकते हैं।

परंतु देखो इन हैड्रौन्स का एक आंतरिक ढांचा भी है।

जेलमैन और जी. ज़विग ने सुझाया कि हैड्रान्स, क्वार्क के बने हुए हैं - "अप" क्वार्क और "डाउन" क्वार्क के।

क्वार्क	आवेश
U	$\frac{2}{3}$
D	$-\frac{1}{3}$

प्रोटॉन

न्यूट्रान

पाई-मीसान

क्या किसी ने कभी क्वार्क देखा है?

एक मुक्त कण के रूप में तो नहीं।

परंतु क्वार्क को प्रोटॉन के अंदर देखा गया है!

प्रोटॉन

शुरू में इस समस्या के हल के लिए केवल क्वार्कस और लेप्टांस का अध्ययन किया गया।
पर जल्द ही पाया गया कि इनके अलावा भी अन्य बहुत से ऐसे कण हैं।

क्वार्कस	लेप्टानस
1. अप	इलेक्ट्रान 1
2. डाउन	मुआन 2
3. अजीब	टाऊ-औन 3
4. सुंदर	

हमें मालूम है कि ये क्या हैं!

बड़ी डींग मत मारो। बलों का क्या होगा?

क्वार्कस के बीच सशक्त बल ग्लूऑन की अदला-बदली के कारण था।

ग्लूऑन

क्वार्क

क्वार्क

इन कमज़ोर गुरुत्व के बलों का क्या होगा?

बहुत सारी मेहनत रंग लाई और एक नई खोज हुई।

ए. सलाम

एस. वाईनबर्ग

विद्युत और कमज़ोर बलों को कमज़ोर-विद्युत बलों के रूप में एकीकृत किया जा सकता है।

कमज़ोर-विद्युत बलों के मॉडल ने नए "लेन-देन" के कणों की भविष्यवाणी की, और उन्हें जल्द ही खोज निकाला गया।

तुम्हें लगता है उन लोगों ने काफी संघर्ष किया है?

पृथ्वी

चलो अब हम उन्हें डब्लू और जेड बोसौन दे दें!

भौतिकी की लंबी कहानी में इसे हम, अंतिम प्रगति की छलांग मानेंगे।
हमारी समझ के विस्तार के लिए कई अन्य प्रयास भी हुए।

इसी प्रकार सशक्त बलों को भी समझा जा सकता है

अगर....

अगर क्या? अगर तुममें दम हो तो!

दमदार भौतिकशास्त्रियों ने एक और भविष्यवाणी की।

प्रोटॉन अस्थिर होते हैं।

इसका क्या मतलब, पापा नहीं हैं?

पापा भी तो न्यूक्लियॉन्स के ही बने हैं?

INCOME TAX

दुनिया भर में हो रहे प्रयोगों को अभी भी इस भविष्यवाणी की पुष्टि करनी है।

कोलार

भारत

INDIA

इसके अलावा और कई सिरदर्द भी थे।

गुरुत्व का क्या होगा?

अगर गुरुत्व न होती तो अच्छा होता।

न्यूटन

गुरुत्व को काबू में करने की कहानी में कई उतार-चढ़ाव आए हैं।

1980-83

सुपरसिमेट्री द्वारा गुरुत्व को अच्छी तरह से समझा जा सकता है....

GRAVITY

गुरुत्व

आजकल जो सबसे अधिक फैशन में उस शोध का नाम है "सुपरस्ट्रिंग्स"।

इसमें गुरुत्व को डोरी से बांधा जाता है....

!?!

इसके लिए कम-से-कम 10 आयामों की ज़रूरत होगी।

और ज़रूरत होगी ....

जिसे हम अंत कहते हैं वो असल में शुरुआत होती है। और अंत में पहुंचना भी एक प्रकार से शुरुआत करना ही है। इसलिए इसी अंत से हम शुरुआत करेंगे।

आप यहां हैं!